

Izvorni znanstveni rad  
Rukopis primljen 17. 5. 2023.  
Prihvaćen za tisak 23. 7. 2023.  
<https://doi.org/10.22210/govor.2023.40.02>

**Dora Kolaric**

*dora.kolaric1311@gmail.com*

Zagreb, Hrvatska

**Marko Liker**

*mliker@ffzg.unizg.hr*

Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Hrvatska

## Lingvalna koartikulacija u zvučnim i bezvučnim postalveolarnim frikativima kod hrvatskih govornika s umjetnom pužnicom

### Sažetak

Koartikulacija u osoba oštećena sluha istraživački je vrlo zanimljiva jer su podatci pokazali da prelingvalno gluhe osobe s umjetnom pužnicom imaju bitno drugačije koartikulacijske procese od tipično čujućih osoba (Hardcastle i Tjaden, 2008). Kinematske karakteristike ove razlike nisu dovoljno istražene, stoga će se u ovome radu elektropalatografijom analizirati lingvalna koartikulacija u zvučnim i bezvučnim postalveolarnim frikativima u prelingvalno gluhih odraslih osoba s umjetnom pužnicom. U ovo su istraživanje uključene tri ispitanice koje su odabrane zbog različitih demografskih osobina i kliničkih slušnih podataka. Punoljetne osobe izabrane su kako bi se isključio utjecaj razvoja govora, a različite kliničke slike ispitanica pružit će uvid u odnos slušnoga statusa i koartikulacijskih procesa. U ovakva je istraživanja obično uključen mali broj ispitanika pa je svaki ispitanik u istraživanju tretiran kao zaseban eksperiment (proširena studija slučaja). Govorni materijal sastojao se od riječi u kojima su frikativi /ʃ/ i /ʒ/ bili izgovoreni u simetričnoj vokalskoj okolini (/iʃi/, /iʒi/, /aʃa/, /aʒa/, /uʃu/, /uʒu/). Riječi su ekstrahirane iz većih odsječaka kvazi-spontanoga govora snimljenoga akustičkom i elektropalatografskom tehnikom. Analizirani su ovi parametri: težište, količina jezično-nepčanoga kontakta i trajanje frikativa. Podatci su pokazali da su lingvalni korelati zvučnosti kod ovih ispitanica vrlo slični tipičnim korelatima zvučnosti kada se analizira sredina trajanja frikativa. Međutim, razlike u odnosu na predviđanja aktualnih teorija i modela pronađene su

analizom artikulacijske dinamike u normaliziranome trajanju. Ovi rezultati raspravljani su u svjetlu aktualnih teorija, kao i u svjetlu odnosa slušnoga statusa i koartikulacijskih procesa.

**Ključne riječi:** umjetna pužnica, koartikulacija, frikativi, elektropalatografija (EPG)

## 1. UVOD

Postoji nekoliko razloga za proučavanje koartikulacije kod atipičnih govornika. Naime, istraživanjem atipičnoga govora moguće je doći do novih spoznaja o tipičnome senzomotoričkome razvoju. Također, unaprjeđuju se koartikulacijski modeli i teorije što dovodi do boljega razumijevanja koartikulacije općenito. Konačno, rezultati takvih istraživanja poboljšavaju te ubrzavaju dijagnostiku i terapiju atipičnih govornika. Hardcastle i Tjaden (2008) navode tri skupine atipičnoga govora koje su od interesa kada je riječ o istraživanju koartikulacije: 1) gluhoća ili oštećen sluh, 2) afazije te 3) poremećaji govorne motoričke kontrole. Najčešće ciljane skupine atipičnoga govora slušno je oštećen govor. To nije iznenađujuće budući da su neka istraživanja pokazala da kod prelingvalno gluhih osoba postoje drugačiji koartikulacijski i artikulacijski obrasci s obzirom na tipično čujuće osobe (Horga i Liker, 2006; Mildner i Liker, 2003, 2008; Sfakianaki, Nicolaidis, Okalidou i Vlahavas, 2018; Waldstein i Baum, 1991). Drugačiji obrasci kod prelingvalno gluhih osoba posljedica su usvajanja govora bez ključnih slušnih povratnih informacija. Sfakianaki, Nicolaidis i Okalidou (2017) navode da su kod prelingvalno gluhih osoba aspekti govorne proizvodnje, poput artikulacije vokala i konsonanata te koartikulacija, narušeni. Kod vokala često dolazi do smanjenja vokalskoga prostora u usporedbi s tipičnim govornicima (Horga i Liker, 2006; Mildner i Liker, 2008), dok su od konsonantskih skupina najproblematičniji frikativi i afrikate (Mildner i Liker, 2003, 2008). Međutim, poteškoće u usvajanju frikativa, a posebice prednjih lingvalnih frikativa, osim slušno oštećene djece, imaju i djeca tipičnoga jezično-govornoga razvoja (Cheng, Murdoch, Goozée i Scott, 2007; Fuchs, Brunner i Busler, 2007). Kasnije usvajanje spomenutih konsonanata, kao i podložnost distorzijama (Fuchs i sur., 2007), posljedice su njihove kompleksnosti.

Frikativi spadaju u skupinu neprekidnih glasnika te se još nazivaju i tjesnačnima zbog tjesnaca, odnosno suženja kojega tvore na određenome dijelu artikulacijskoga trakta (Škarić, 1991 prema Bakran, 1996). Horga i Liker u opisu frikativa također govore o suženju na sljedeći način: “nužno je precizno oblikovanje uskog prolaza zračnoj struji, koja se k tome mora održavati određeno vrijeme.” (2016: 252). Uz to “oblikovanje frikativa zahtijeva preciznu kontrolu artikulatora te koordinaciju

artikulacijskih i fonacijskih mehanizama s aerodinamičkim uvjetima” (Horga i Liker, 2016: 252). Kod prednjih lingvalnih frikativa upravo je oblikovanje uskoga nadgrkljanskoga prolaza, odnosno karakterističnoga žlijeba, esencijalno za njihovu produkciju (Liker i Gibbon, 2011). Žlijeb će se formirati ukoliko postoji precizna veza između aktivnoga i pasivnoga artikulatora (Liker i Gibbon, 2011; Liker, Horga i Mildner, 2012). Sljedeći važan aspekt za artikulaciju frikativa je odnos subglotalnoga i supraglotalnoga tlaka. Taj odnos posebno je važan kod zvučnih frikativa jer se tijekom njihove produkcije istovremeno odvijaju dva suprotna i složena procesa: zvučnost i frikcija. Dok su za zvučnost potrebne privučene glasnice, veći tlak ispod grkljana te niži tlak iznad grkljana, za frikciju su potrebne razmaknute glasnice, veći intraoralni tlak te snažni protok zračne struje (Fuchs i sur., 2007). Budući da je za frikciju potreban visoki intraoralni tlak, on se može toliko povisiti da transglotalna razlika potrebna za zvučnost postane neodrživa te na taj način može doći do potpunoga ili djelomičnoga obezvučavanja zvučnoga frikativa. Da bi se spriječilo izjednačavanje tlakova ispod i iznad grkljana te održala zvučnost postoji potreba za dodatnom strategijom. Narayanan, Alwan i Haker (1995) primijetili su kod engleskih zvučnih frikativa, a Liker i Gibbon (2011) te Liker i suradnici (2012) kod hrvatskih zvučnih frikativa, povećanje šupljine iza mjesta artikulacije u usporedbi s bezvučnim frikativima. Vjeruje se da takva strategija – širi žlijeb i manji jezično-nepčani kontakt iza mjesta artikulacije u zvučnim za razliku od bezvučnih frikativa – omogućava zvučnim frikativima održavanje transglotalne razlike potrebne za istovremeno odvijanje zvučnosti i frikativnosti. Kod bezvučnih je frikativa pronađena suprotna tendencija. Žlijeb je iza mjesta suženja bio uži, a jezično-nepčani kontakt na stražnjem dijelu nepca deblji (Liker i Gibbon, 2011; Liker i sur., 2012). Razlike u širini žlijeba te količina jezično-nepčanoga kontakta na prednjem i stražnjem dijelu nepca smatraju se korelatima zvučnosti kod frikativa (Horga i Liker, 2016). Spomenuti složeni procesi kontrole zvučnosti i frikativnosti zahtijevaju kako proprioceptivnu tako i slušnu kontrolu. O tim procesima i njihovoj koartikulaciji može mnogo otkriti usporedba tih procesa u tipičnih govornika i govornika oštećena sluha.

Proučavanje koartikulacije u atipičnome govoru nužno je, kako je već spomenuto, da bismo unaprijedili postojeće koartikulacijske modele i teorije. Dvije se skupine teorija ističu kada je riječ o koartikulaciji i opisu temeljne jedinice govorne proizvodnje (Mildner, 2018). Prva teorija, teorija širenja obilježja, smatra da su temeljne jedinice govorne proizvodnje fonološka obilježja. Prema toj teoriji, fonološka su obilježja vremenski nestrukturirane jedinice. To znači da se fonološko obilježje nekoga segmenta širi sve dok ne naiđe na segment koji sadrži obilježje sa

suprotnom specifikacijom (Farnetani i Recasens, 1997). Također, fonološko je obilježje uvjetovano glasovnom okolinom jer upravo okolni glasovi određuju koliko će se daleko određeno obilježje širiti. Druga teorija, koprodukcijska teorija, kao temelj govorne proizvodnje vidi artikulacijsku gestu. Suprotno prvoj teoriji, artikulacijska je gesta vremenski strukturirana te ima fiksno trajanje bez obzira na glasovnu okolinu (Farnetani i Recasens, 1997; Hardcastle i Tjaden, 2008; Horga i Liker, 2016). Unutar koprodukcijskih teorija, važno je spomenuti model stupnja artikulacijske angažiranosti kojega je osmislio Daniel Recasens (Recasens, Pallarès i Fontdevila, 1997). Tim modelom Recasens je pokušao objasniti ponašanje i kretanje cijeloga jezika promatrajući leđa jezika. Drugim riječima, angažiranost leđa jezika u glasovima određuje koliko će pojedini glasovi biti koartikulacijski otporni na utjecaj okolnih glasova i istovremeno koliki će pritisak raditi na te iste glasove (Farnetani i Recasens, 1997; Recasens i sur., 1997). Ovaj model pokazao se prilično uspješnim u objašnjavanju koartikulacije i koartikulacijskih procesa kod tipičnih govornika (Dagenais, Lorendo i McCutcheon, 1994; Liker i Gibbon, 2011; Liker i sur., 2012; McLeod, Roberts i Sita, 2006). Dok su koprodukcijske teorije, a posebice Recasensov model stupnja artikulacijske angažiranosti, dosta dobro objasnile i predvidjele ponašanje artikulatora u tipičnome govoru, to nije bio slučaj u atipičnome.

Metodološki gledano, istraživanje atipičnoga govora postavlja određene izazove na sam proces proučavanja takvoga govora. Hardcastle i Tjaden (2008) navode nekoliko metodoloških izazova u proučavanju koartikulacije kod kliničke, odnosno atipične populacije: identificiranje kliničke populacije, grupiranje ispitanika prema određenim karakteristikama te sami ispitanici i njihov govor. Uzimajući u obzir nabrojene izazove, ne čudi činjenica da je literatura vezana uz koartikulaciju u kliničkoj populaciji prilično skromna. Isto tako, mali uzorci kao i studije slučaja nisu rijetkost u istraživanjima atipičnoga govora. Ono što je jednako važno kao identificiranje te grupiranje ispitanika jest odabir tehnike za istraživanje atipičnoga govora. Jedna od najčešćih tehnika za proučavanje govora u atipičnoj populaciji je akustička tehnika. Brojne su prednosti njezine široke primjene, poput neinvazivnosti, dostupnosti, jednostavnosti uporabe, praktičnosti te ekonomičnosti. U prilog prednostima ide i činjenica da postoji velik broj objavljenih radova o tipičnome govoru što omogućuje direktnu usporedbu tipične i atipične populacije. No, Hardcastle i Tjaden (2008) osim brojnih prednosti navode i nedostatke korištenja akustičke tehnike, posebice kod osoba s dizartrijom i slušnim oštećenjima. Naime, česte promjene u glasovoj kvaliteti i rezonanciji kod tih osoba doprinose slabijemu prikazu formantne strukture što negativno utječe na identificiranje akustičkih oznaka nužnih za akustičke mjere koartikulacije (Hardcastle i Tjaden, 2008: 513).

S druge strane, istraživanja instrumentalnim fiziološkim tehnikama dala su uvide u artikulacijske i koartikulacijske procese koji se dotada akustičkom tehnikom nisu mogli istražiti. Elektropalatografija je jedina fiziološka tehnika koja omogućava direktan i detaljan uvid u dinamiku jezično-nepčanoga dodira, što se smatra najvažnijom karakteristikom artikulacije na supraglotalnoj razini (Horga i Liker, 2016; Liker i Gibbon, 2011, 2013). U fonetskim i kliničkim istraživanjima elektropalatografija se koristi od šezdesetih godina prošloga stoljeća (Horga i Liker, 2006). Stone (2013) navodi primjenu same tehnike u lingvističkim istraživanjima, kod govornih poremećaja, rascjepa nepca (Gibbon, 2004; Gibbon, Smeaton-Ewins i Crampin, 2005), cerebralne paralize, Parkinsonove bolesti, otvorenoga zagriža, ozljede mozga, operacije jezika te apraksije govora. Osnovu svakoga elektropalatografskoga sustava čine umjetno nepce, multiplekser te centralna procesorska jedinica (Horga i Liker, 2006, 2016). Umjetno se nepce izrađuje od tankoga sloja akrilata u koji su ugrađene elektrode koje bilježe kontakt između jezika i nepca. Broj elektroda i materijal različiti su kod različitih modela nepca (Wrench, 2007). Osim različitoga broja i materijala od kojega su elektrode izrađene, razlikuje se i raspored elektroda. Umjetno nepce korišteno u ovome istraživanju – Reading nepce – izrađuje se posebno za svakoga ispitanika i to prema anatomskim karakteristikama usne šupljine (Horga i Liker, 2016). Nadalje, Reading nepca imaju veću gustoću elektroda u alveolarnoj regiji (Gibbon, Lee i Yuen, 2010; Wrench, 2007) što je posebice važno kod analize prednjih lingvalnih frikativa. Do aktiviranosti elektrode dolazi onda kada jezik dotakne umjetno nepce te se time strujni krug zatvara, a informacija o kontaktu prenosi se u glavnu procesorsku jedinicu (Horga i Liker, 2016). Aktiviranost elektrode, odnosno jezično-nepčani kontakt na računalu, vidi se kao ispunjeni (crni) kvadratić, dok je neaktiviranost prikazana praznim (bijelim) kvadratićima (Gibbon i sur., 2010). Trošak i vrijeme potrebni za izradu umjetnoga nepca dvije su glavne prepreke kada je u pitanju široka uporaba elektropalatografije, kako u fonetskoj tako i u kliničkoj praksi (Wrench, 2007).

## 2. CILJ RADA

Cilj je ovoga rada utvrditi kojom se od aktualnih teorija koartikulacije mogu objasniti koartikulacijski obrasci atipičnih govornika oštećenoga i rehabilitiranoga sluha. Zvučni i bezzvučni frikativi pogodan su govorni materijal zato što su zvučnost i frikativnost artikulacijske strategije koje zahtijevaju vrlo različite, pa i suprotne, grkljansko-nadgrkljanske uvjete, stoga se pretpostavlja da će takve kompleksne artikulacijske geste ukazati na sve atipičnosti koje gubitak sluha može uzrokovati u izgovoru. Prelingvalno gluhi ispitanici s umjetnom pužnicom pogodna su skupina

za analizu ovoga istraživačkoga problema zato što podatci pokazuju da upravo takvi atipični ispitanici imaju koartikulacijske strategije koje su drugačije od onih u tipičnih govornika (Hardcastle i Tjaden, 2008).

### **3. METODA**

#### **3.1. Ispitanici**

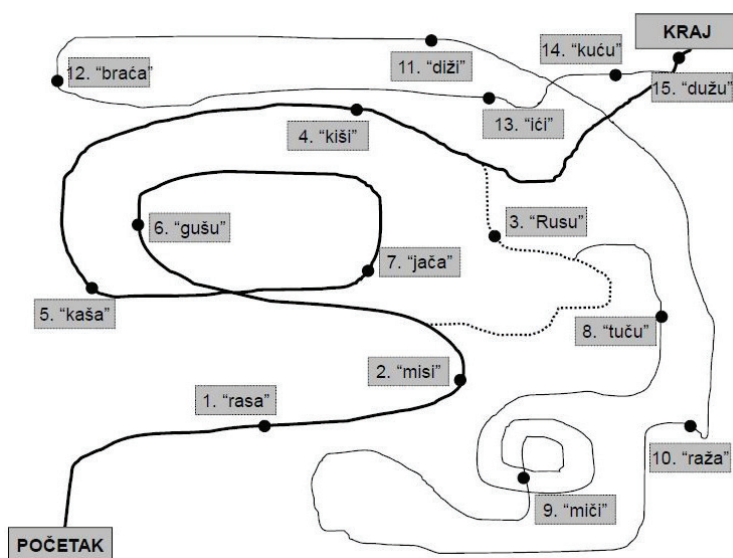
U ovome je istraživanju sudjelovalo troje atipičnih odraslih govornika hrvatskoga jezika. Svih troje govornika bili su ženskoga spola, u dobi od 19 (I2), 23 (I1) te 27 (I3) godina (prosjek = 23 godine). Ispitanici su bili prelingvalno gluhi te su imali ugrađenu umjetnu pužnicu, no osim slušnoga oštećenja nisu prijavljene nikakve dodatne dijagnosticirane poteškoće. Svi su ispitanici implantirani i rehabilitirani u Poliklinici SUVAG. Dob implantacije razlikovala se kod troje ispitanika s time da je Ispitaniku 1 umjetna pužnica najranije implantirana, u dobi od tri godine, zatim Ispitaniku 2, u dobi od pet godina i tri mjeseca te naposljetku Ispitaniku 3, u dobi od deset godina. Dob početka terapije također se razlikovala. Ispitanik 1 krenuo je na terapiju s dvije godine, Ispitanik 2 s pet godina i sedam mjeseci te Ispitanik 3 s tri godine i šest mjeseci. Govorni audiogram I1 na zadnjemu testiranju pokazao je prag čujnosti na 25 dB te 90 % razumljivosti na 45 dB. Kod drugoga ispitanika (I2) prag čujnosti je prema zadnjemu govornome audiogramu iznosio 40 dB te 70 % razumljivosti na 65 dB. Govorni audiogram za posljednjega ispitanika (I3) pokazao je prag čujnosti na 30 dB te 60 % razumljivosti na 50 dB. Uočljive kliničke razlike između ovih ispitanika omogućile su usporedbu analiziranih karakteristika artikulacije i koartikulacije s njihovim kliničkim statusima, pa je heterogenost ove skupine pružila uvid u odnos kliničkih podataka i koartikulacijskih strategija.

Jedan od izazova s kojima se susreću istraživači govorne kinematike kod atipičnih govornika broj je potencijalno odgovarajućih ispitanika te homogenost takve skupine (Hardcastle i Tjaden, 2008). Ovo istraživanje tomu nije iznimka te mu je to najveće ograničenje. Zbog toga se svakoga ispitanika u obradi i interpretaciji tretiralo kao zasebnu populaciju, odnosno kao tri studije slučaja. Međutim, treba naglasiti da je ovih troje ispitanika izabrano upravo zbog njihove razlike u kliničkim podacima, jer omogućuju provjeru povezanosti slušnoga statusa s razlikama u koartikulacijskim i artikulacijskim procesima.

#### **3.2. Govorni materijal i procedura**

Govorni materijal preuzet je iz korpusa KROKO te je prikupljen iz dijaloških situacija gdje se od svakoga ispitanika tražilo da opiše put kroz mapu te da pročita riječi uz 15

ključnih točaka označenih po putu (Slika 1.) (Liker, Vidović Zorić, Zharkova i Gibbon, 2019). U korpusu KROKO nalaze se snimke desetero tipičnih odraslih hrvatskih govornika i osmero atipičnih odraslih hrvatskih govornika s umjetnom pužnicom. Ispitanici su snimani simultano elektropalatografski i akustički te ultrazvučno i akustički u različitim komunikacijskim situacijama koje su poticale duži spontani govor. Bez obzira na poticanu spontanost, eksperimentalni dizajn omogućio je snimanje i nekih ciljanih riječi pogodnih za analizu artikulacijskih karakteristika i koartikulacijskih procesa u hrvatskome. Više o ovome inovativnom korpusu može se naći na sljedećoj mrežnoj stranici: <https://fonet.ffzg.unizg.hr/istrazivanja-i-projekti/kroko/>



**Slika 1.** Mapa s ključnim točkama korištena u istraživanju za prikupljanje spontanoga govora ispitanika (Liker i sur., 2019). Od ukupno 15 riječi, za potrebe ovoga istraživanja analizirano je šest riječi: kaša, kiši, gušu, raža, diži, dužu

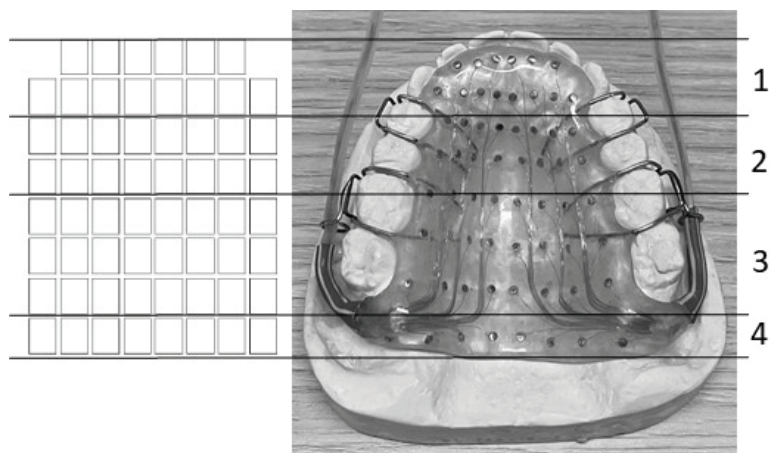
**Figure 1.** Map with key points used in the study to collect spontaneous speech (Liker et al., 2019). Words used in this study: /kafa/, /kifi/, /gufu/, /raža/, /diži/, /dužu/

Za ovo istraživanje korišten je dio korpusa u kojemu su ispitanici eksperimentatoru morali objasniti gdje se nalazi svaka točka s određenom riječi jer je eksperimentator imao istu mapu bez označenih ključnih riječi. Cilj takvoga prikupljanja podataka bio je skrenuti pozornost ispitaniku od opreme i laboratorija te dobiti što spontaniji



govor. Od ukupno 15 riječi, za ovo istraživanje odabrano je šest značenjskih riječi konstrukcije  $K_1VK_2V$  gdje je  $K_2$  bio ciljani frikativ /f/ ili /z/, a V je predstavljao jedan od tri rubna hrvatska vokala (/i/, /u/, /a/). Vokalska okolina bila je simetrična. Riječi su izgovorene s kratkosilaznim naglaskom na prvome slogu (/kǎʃi/, /kǎʃa/, /gǔʃu/, /dǎʒi/, /rǎʒa/, /dǔʒu/). Svaki govornik ponovio je ciljane riječi četiri puta (šest riječi x četiri ponavljanja) što daje ukupno 24 ponavljanja kod jednoga govornika, a ukupno 72 ponavljanja kod svih troje govornika.

Elektropalatografski i akustički podatci snimljeni su istovremeno. Elektropalatografski signal snimljen je frekvencijom uzorkovanja od 100 Hz, a sinkronizirani zvučni zapis uzorkovanjem od 44 100 Hz. Anotacija, segmentacija i priprema podataka napravljena je pomoću programa Articulate Assistant software (Articulate Instruments Ltd., 2008). Deskriptivna statistička analiza i vizualizacija podataka napravljena je u programu Microsoft Excel. Za svakoga ispitanika izrađeno je umjetno elektropalatografsko nepce tipa Reading (Slika 2.).



**Slika 2.** Reading nepce s pripadajućim artikulacijskim zonama: 1 – alveolarna; 2 – postalveolarna; 3 – palatalna; 4 – velarna zona (Gibbon i sur., 2010)

**Figure 2.** The Reading EPG palate with appropriate articulatory zoning scheme: 1 – alveolar; 2 – postalveolar; 3 – palatal; 4 – velar zone (Gibbon et al., 2010)

Umjetno nepce tipa Reading sadrži 62 elektrode raspoređene u osam horizontalnih redova s time da prvi i drugi red predstavljaju alveolarnu zonu, treći i četvrti postalveolarnu, peti, šesti i sedmi red palatalnu te osmi red velarnu zonu (Gibbon i sur., 2010; Wrench, 2007). Prije samoga snimanja ispitanici su prošli proces privikavanja na nepce (desenzitivizacija) u dvije faze. Prva, odnosno inicijalna faza privikavanja na nepce bila je dugotrajnija te je trajala minimalno tjedan dana po ispitaniku. U tih



tjedan dana od ispitanika se tražilo da svakodnevno nose umjetno nepce sat vremena da bi se njihova artikulacija priviknula na umjetno nepce. Druga faza privikavanja na nepce dogodila se neposredno prije snimanja te je trajala minimalno deset minuta. Tijekom te faze ispitanici su čitali tekst po izboru da bi uvježbali artikulaciju s nepcem. Snimanje je počelo u trenutku kada su ispitanici prijavili da im se salivacija smanjila te je eksperimentator procijenio da je artikulacija zadovoljavajuća.

### 3.3. Analiza podataka

Segmentacija i anotacija frikativa napravljena je unutar programa Articulate Assistant verzija 1.17 (Articulate Instruments Ltd., 2008). Kod segmentacije i anotacije korišteni su akustički kriteriji za određivanje granica frikativa. Pri određivanju granica prvenstveno se gledao spektrogram i to za određivanje početka frikativa, pojava visokofrekventnoga šuma te prestanak jasno vidljivoga drugoga formanta vokala koji je prethodio. Kraj frikativa označen je u trenutku prestanka šuma te pojave drugoga formanta vokala koji je slijedio iza frikativa. Osim spektrograma, za određivanje granica frikativa, kao dodatna provjera, gledao se i oscilogram kod kojega je za vrijeme trajanja frikativa bila prisutna šumnost u svakom periodu te je to bio dodatni pokazatelj gdje bi trebao biti početak, a gdje kraj frikativa.

Analizirale su se četiri varijable i to u središnjemu dijelu frikativa (da bi se utvrdila općenita artikulacijska konfiguracija) te u pet jednako razmaknutih točaka uzorkovanja (da bi se utvrdila artikulacijska i koartikulacijska dinamika). Ovo su četiri analizirane varijable i njihove artikulacijske odrednice:

- 1) **Mjesto artikulacije** analizirano je mjerom centar gravitacije (CoG) (Hardcastle, Gibbon i Nicolaidis, 1991) koja mjeri ima li više kontakta na prednjemu ili stražnjemu dijelu nepca. Ova mjera izražena je u vrijednostima od 0 do 1, gdje veća vrijednost ukazuje na prednjiju artikulaciju, dok manja vrijednost ukazuje na stražnjiju artikulaciju. Pri postavljanju ove mjere u obzir je uzeto cijelo nepce te opcija izračunavanja aritmetičke sredine.
- 2) **Količina dodira** analizirana je mjerom ukupni jezično-nepčani kontakt koja govori o tome kolika je ukupna količina kontakta između jezika i nepca tijekom izgovaranja određenoga glasa. Ova se mjera također kreće u vrijednostima od 0 do 1, gdje veća vrijednost ujedno ukazuje i na veću količinu jezično-nepčanoga kontakta, a manja vrijednost na manju količinu ukupnoga kontakta na nepcu (Wrench, 2008). Količina dodira mjerena je na cijelome nepcu (UK: ukupni kontakt na cijelome nepcu) te odvojeno za prednji (UK\_P: prednja četiri reda elektroda) i stražnji (UK\_S: stražnja četiri reda elektroda) dio nepca.

3) **Širina žlijeba** analizirana je mjerom lateralnosti (LAT) koja pokazuje ima li više dodira prema sredini nepca ili prema bočnim stranama nepca. Ova mjera, kao i prethodne dvije mjere, izražena je u vrijednostima od 0 do 1 te veća vrijednost ukazuje na širi žlijeb, dok manja vrijednost ukazuje na uži žlijeb (Wrench, 2008). Lateralnost je, baš kao i mjera ukupnoga kontakta, mjerena na cijelome nepcu te odvojeno na prednjemu (LAT\_P: prednja četiri reda elektroda) i stražnjemu (LAT\_S: stražnja četiri reda elektroda) dijelu nepca. Kod ovih triju mjera, odabrana je opcija izračunavanja aritmetičke sredine.

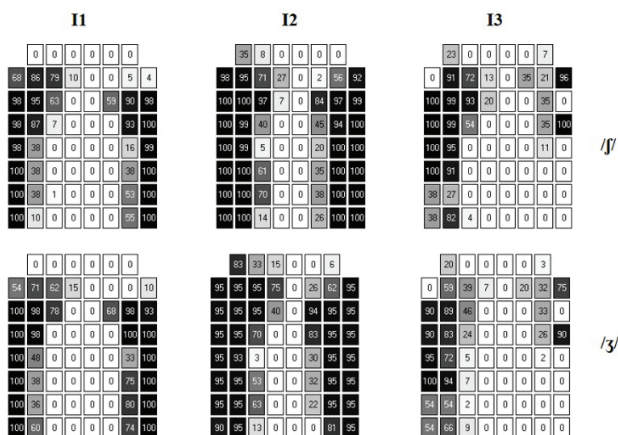
4) **Trajanje** je mjereno u milisekundama.

Za svaku varijablu izračunata je unutargovornička i međugovornička varijabilnost na način da se standardna devijacija podijelila s aritmetičkom sredinom te se taj rezultat podijelio sa sto da bi se dobio postotak. Unutargovornička varijabilnost je varijabilnost koja se računala za određenoga govornika, dok se međugovornička varijabilnost računala između govornika.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Artikulacijska konfiguracija

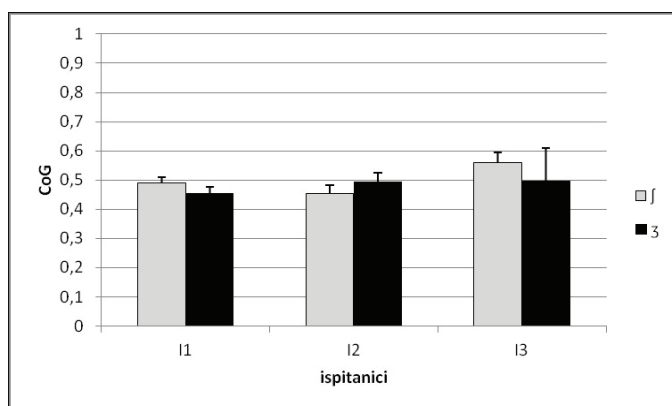
#### 4.1.1. Mjesto artikulacije



**Slika 3.** Prosječni elektropalatogrami frikativa /f/ i /z/ kod svih troje ispitanika

**Figure 3.** Average EPG printouts for /f/ and /z/ produced by each of the three speakers

Prosječni elektropalatogrami (Slika 3.) pokazuju da svih troje ispitanika izgovaraju frikative /f/ i /z/ na istom mjestu artikulacije – postalveolarnom (drugi i treći red elektroda), što je identično tipičnim realizacijama ovih glasnika.

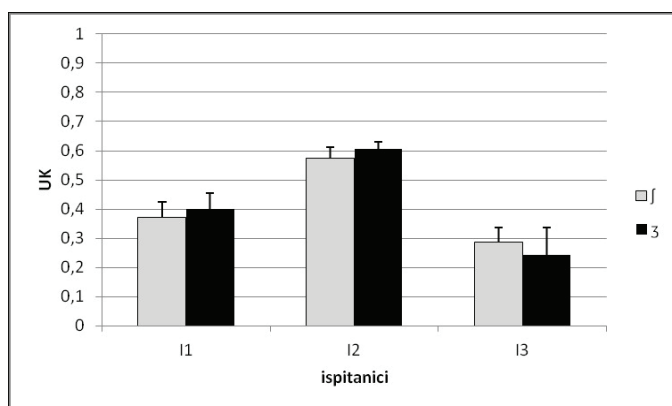


**Slika 4.** Prosječno mjesto artikulacije frikativa /f/ i /z/ kod svih troje ispitanika

**Figure 4.** Average place of articulation calculated via the CoG measure for /f/ and /z/ produced by each of the three speakers

Dobiveni prosječni rezultat centra gravitacije za sve ispitanike za frikativ /f/ iznosio je 0,498, dok je za frikativ /z/ iznosio 0,479. Iako je razlika između dobivenih rezultata bila vrlo mala, frikativ /f/ pokazao je tendenciju prednjije artikulacije u usporedbi s frikativom /z/. Pogledamo li pojedinačne rezultate ispitanika, vidljivo je da je dvoje (I1 i I3) od troje ispitanika imalo istu tendenciju, a to je tendencija prednjije artikulacije za /f/, a stražnije za /z/ (Slika 4.). Ispitanik 2 pokazao je suprotnu tendenciju te je kod njega zvučni frikativ artikuliran s prednijom artikulacijom u odnosu na bezzvučni parnjak.

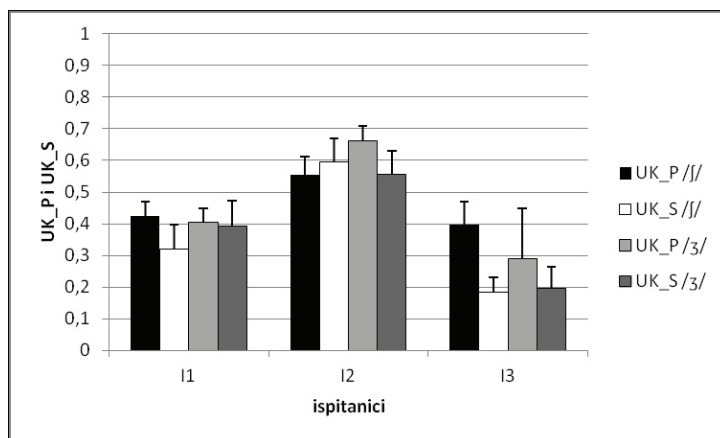
#### 4.1.2. Količina jezično-nepčanoga dodira



**Slika 5.** Količina dodira na cijelom nepcu za frikative /f/ i /z/ po ispitanicima

**Figure 5.** Average amount of contact calculated via the UK measure for /f/ and /z/ produced by each of the three speakers

Prosjeak ukupnoga kontakta izmjeren na cijelome nepcu za sve ispitanike (Slika 5.) pokazao je veći jezično-nepčani dodir kod frikativa /ʃ/ (0,418) u odnosu na frikativ /ʒ/ (0,383) kod kojega je bio manji kontakt. Međutim, opća tendencija većega kontakta kod bezvučnoga frikativa nije bila prisutna kod svih ispitanika. Naime, I1 i I2 imaju veći jezično-nepčani kontakt u zvučnome frikativu, a samo I3 ima veći kontakt u bezvučnome.



**Slika 6.** Količina dodira na prednjemu i stražnjemu dijelu nepca za frikative /ʃ/ i /ʒ/ po ispitanicima

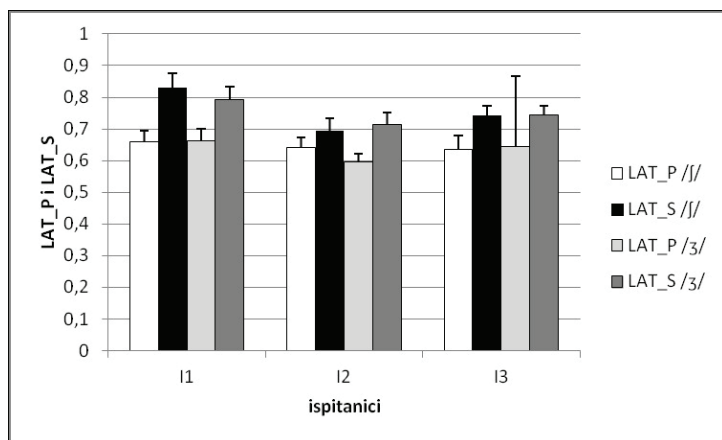
**Figure 6.** Average amount of contact calculated separately for the anterior and the posterior section of the EPG palate for /ʃ/ and /ʒ/ produced by each of the three speakers

Prosječna vrijednost ukupnoga kontakta na prednjemu dijelu nepca kod bezvučnoga frikativa iznosila je 0,462 što ukazuje na deblji jezično-nepčani dodir u odnosu na zvučni frikativ kod kojega je bio manji kontakt između jezika i nepca (0,415). Prosjeci pojedinih ispitanika ukazuju na to da je dvoje od ukupno troje ispitanika imalo istu tendenciju kao što je opća tendencija u ovome istraživanju. Ispitanici 1 i 3 proizvodili su frikativ /ʃ/ s debljim kontaktom na prednjemu dijelu nepca, a frikativ /ʒ/ s manjim kontaktom (Slika 6.). Drugi ispitanik odstupao je od te tendencije te je proizveo zvučni frikativ s većim jezično-nepčanim kontaktom (0,661) u odnosu na bezvučni (0,553). Na stražnjemu dijelu nepca bila je ista tendencija kao i na prednjemu dijelu nepca. Veća vrijednost dobivena je za bezvučni frikativ /ʃ/ (0,378) u odnosu na zvučni frikativ /ʒ/ (0,352) te je samo kod I2 bila vidljiva ta tendencija.

### 4.1.3. Širina frikativnoga žlijeba

Ukupni prosjek lateralnosti za frikativ /ʃ/ iznosio je 0,691, dok je za frikativ /ʒ/ iznosio 0,707. Ove vrijednosti govore nam o širini žlijeba kod navedenih frikativa na način da manja vrijednost upućuje na uži žlijeb, dok veća vrijednost govori o postojanju širega žlijeba. Sukladno tome, kod frikativa /ʃ/ dobiven je uži žlijeb, dok je dobivena vrijednost kod frikativa /ʒ/ pokazala postojanje širega žlijeba. No samo je jedan od troje ispitanika pratio opću tendenciju navedenih rezultata. Kod I3 dobivena je veća vrijednost za zvučni frikativ (0,719) u odnosu na bezvučni (0,669). Kod drugih dvoje ispitanika (I1 i I2) dobivena je suprotna tendencija te su oni zvučni frikativ proizveli s užim žlijebom, a bezvučni sa širim žlijebom.

Iako se razlika između bezvučnoga i zvučnoga frikativa na prednjemu dijelu nepca za mjeru lateralnosti pokazala mala, tendencija je ipak bila vidljiva (Slika 7.). Ukupni prosjek za lateralnost na prednjemu dijelu nepca za frikativ /ʃ/ iznosio je 0,646, dok je za frikativ /ʒ/ iznosio 0,641. Ovaj rezultat pokazao je da kod bezvučnoga frikativa na prednjemu dijelu nepca postoji širi žlijeb, a kod zvučnoga frikativa uži žlijeb. Samo je Ispitanik 2 slijedio tendenciju ukupnoga rezultata. Kod njega je prednja lateralnost za frikativ /ʃ/ iznosila 0,641 (širi žlijeb), dok je za frikativ /ʒ/ bila 0,595 (uži žlijeb). Ispitanik 3 pokazao je suprotnu tendenciju – frikativ /ʃ/ imao je uži žlijeb (0,635), dok je njegov parnjak imao širi žlijeb (0,643). Kod Ispitanika 1 širina žlijeba na prednjemu dijelu nepca bila je ista za bezvučni i zvučni frikativ. Na stražnjemu dijelu nepca dobiveni su rezultati suprotni rezultatima za prednji dio nepca. Drugim riječima, na stražnjemu dijelu nepca frikativ /ʃ/ imao je uži žlijeb (0,756), dok je frikativ /ʒ/ imao širi žlijeb (0,757). Dobiveni prosjeci poklapali su se ponovno samo s jednim ispitanikom, I2.

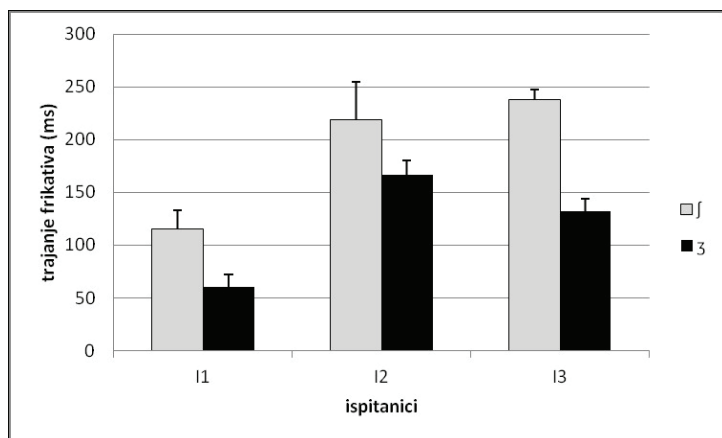


**Slika 7.** Prednja i stražnja lateralnost za frikative /f/ i /ʒ/ po ispitanicima

**Figure 7.** Average lateral contact calculated separately for the anterior and posterior section of the EPG palate for /f/ and /ʒ/ produced by each of the three speakers

#### 4.1.4. Trajanje frikativa

Prosječno trajanje frikativa /f/ iznosilo je 188 ms (SD = 0,073), dok je prosječno trajanje frikativa /ʒ/ iznosilo 109 ms (SD = 0,047).



**Slika 8.** Prosječno trajanje frikativa /f/ i /ʒ/ za svakoga ispitanika

**Figure 8.** Average duration of /f/ and /ʒ/ in each of the three speakers

## 4.2. Artikulacijska dinamika

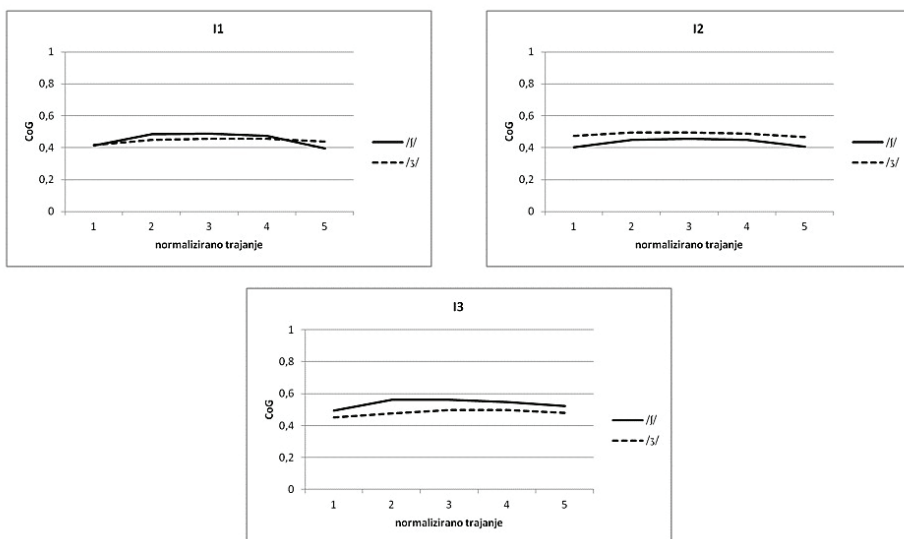
Podatci o artikulacijskoj dinamici mjereni pomoću tri jezično-nepčana parametra pokazuju vrlo slične opće tendencije (Slika 9., 10. i 11.).

Na Slici 9. vide se prosječne vrijednosti centra gravitacije tijekom trajanja frikativa /ʃ/ i /z/ kod troje ispitanika. Kod Ispitanika 1 vidi se da vrijednost za frikativ /ʃ/ prvo raste, zatim se zadržava na približno istoj vrijednosti te prema kraju svoga trajanja pada i poklapa se sa zvučnim frikativom. S druge strane, vrijednost frikativa /z/ lagano raste te se od sredine do kraja svoga trajanja zadržava na približno istoj vrijednosti. Kod Ispitanika 2 nema poklapanja dvaju frikativa kao kod I1. Na Slici 9. vidi se da vrijednost frikativa /ʃ/ prvo raste, zatim stagnira i na kraju trajanja frikativa pada. Suprotno tome, linija za frikativ /z/ puno je ravnija, odnosno vrijednost za zvučni frikativ zadržava se na približno istoj vrijednosti tijekom cijeloga trajanja frikativa. Kod trećega ispitanika vidi se suprotna tendencija u usporedbi s prvih dvoje ispitanika.

Na Slici 10. vidi se da je kod Ispitanika 1 početak frikativa /z/ jednak početku frikativa /ʃ/. U sredini njihova trajanja frikativi se zadržavaju na približno istim vrijednostima, dok prema kraju vrijednosti za frikativ /ʃ/ počinju opadati, dok kod zvučnoga i dalje ostaju približno iste vrijednosti kao i u sredini njegova trajanja. Drugim riječima, /z/ je ipak nešto stabilnijega jezično-nepčanoga dodira od /ʃ/. Kod Ispitanika 2 vidi se slično kretanje jezika i kod zvučnoga i kod bezvučnoga frikativa. Usporedbom trećega ispitanika s prvih dvoje, može se uočiti suprotna tendencija s obzirom na ukupni kontakt. Naime, kod Ispitanika 1 i 2 veći ukupni kontakt ima frikativ /z/, a manji frikativ /ʃ/, dok kod Ispitanika 3 veći ukupni kontakt ima /ʃ/, a manji frikativ /z/. Kod Ispitanika 3, linija jezika za frikativ /z/ tijekom cijeloga svoga trajanja ostaje na približno istim vrijednostima. Kod bezvučnoga frikativa količina jezično-nepčanoga kontakta prvo raste zatim se zadržava na približno istoj vrijednosti te na kraju pada.

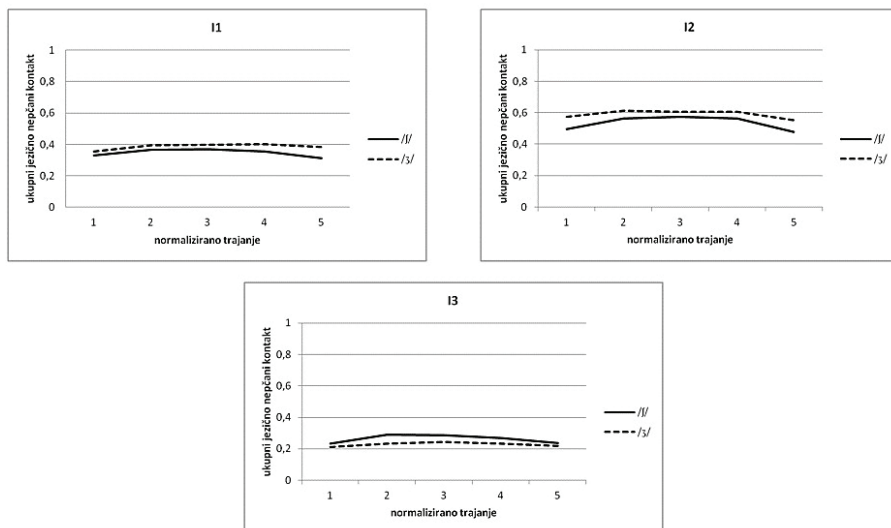
Slika 11. prikazuje podatke o širini žlijeba tijekom izgovora zvučno-bezvučnoga para postalveolarnih frikativa. Tendencije su vrlo slične onima za dinamiku jezično-nepčanoga dodira.





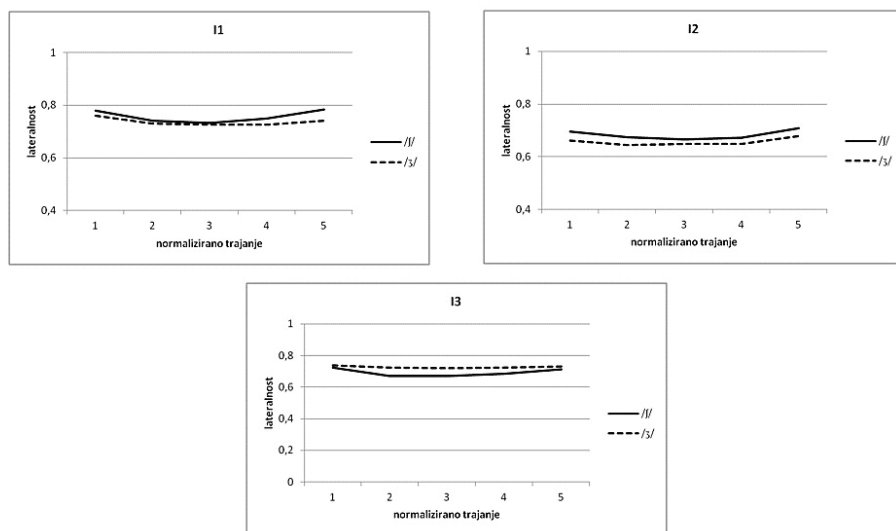
**Slika 9.** Artikulacijska dinamika mjesta artikulacije frikativa /f/ i /s/ za svakoga ispitanika

**Figure 9.** Placement dynamics in /f/ and /s/ produced by each of the three speakers



**Slika 10.** Artikulacijska dinamika količine jezično-nepčanoga dodira u frikativima /f/ i /s/ za svakoga ispitanika

**Figure 10.** Amount of contact dynamics in /f/ and /s/ produced by each of the three speakers



**Slika 11.** Artikulacijska dinamika širine frikativnoga žlijeba frikativa /f/ i /ʒ/ za svakoga ispitanika

**Figure 11.** Midline groove dynamics in /f/ and /ʒ/ produced by each of the three speakers

## 5. RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Mjesto artikulacije analizirano je mjerom centar gravitacije na cijelome nepcu. Ta mjera govori o relativnome odnosu dvaju glasova, odnosno govori o tome koji je glas predniji, a koji stražnji. Ukupni su rezultati pokazali tendenciju prednjijega mjesta artikulacije za bezvučni frikativ /f/ u odnosu na zvučni frikativ /ʒ/. Međutim, analiza podataka artikulacijskih zona na prosječnim elektropalatogramima pokazala je isto mjesto artikulacije za /f/ i /ʒ/ kod triju ispitanika. S time da je kod Ispitanika 1 i 2 najviše dodirnutih elektroda bilo u trećemu redu te se shodno tome može tvrditi da su njihovi frikativi /f/ i /ʒ/ postalveolarni budući da je prema shematskomu prikazu Reading nepca (Slika 2.) treći red postalveolarna artikulacijska zona. Frikativi /f/ i /ʒ/ trećega ispitanika također pripadaju postalveolarnoj zoni, no kod ovoga je ispitanika najviše dodirnutih elektroda bilo u četvrtome redu što govori da ovaj ispitanik ima stražnju artikulaciju postalveolarnih frikativa u usporedbi s I1 i I2 (Slika 3.). Dobiveni rezultati za mjesto artikulacije slažu se s rezultatima tipičnih ispitanika koji su također frikative /f/ i /ʒ/ ostvarili kao postalveolarne (Bakran, 1996; Liker, 2009).

Liker i Gibbon (2013) analizirali su dinamiku mjesta artikulacije kod postalveolarnih /ʃ/ i /ʒ/ te su pronašli da frikativi u sredini svoga trajanja imaju gotovo identične vrijednosti centra gravitacije, dok je na rubovima trajanja bezvučni frikativ uvijek imao niže vrijednosti. Ovakvu jezičnu konfiguraciju za bezvučni frikativ povezali su s kasnijim formiranjem tipične jezične konfiguracije do koje dolazi zato što bezvučni frikativ najprije ostvaruje kontakt jezika i nepca te stvara žlijeb iza mjesta artikulacije da bi nakon toga povećao kontakt i stvorio žlijeb na mjestu artikulacije (Liker i Gibbon, 2013). Kasnije formiranje tipične konfiguracije bezvučnoga frikativa daje okolnim glasovima prostora za utjecaj na frikativ i stvaranje pritiska na njega čime je bezvučni frikativ manje otporan i podložniji utjecajima te samim time varijabilniji. S druge strane, vizualno ravniju liniju kod zvučnoga frikativa autori objašnjavaju ravnomjernijim stvaranjem kontakta između jezika i nepca na način da zvučni frikativ čim dotakne nepce formira i žlijeb na mjestu artikulacije. Samim time zvučni frikativ ima stabilniju jezičnu konfiguraciju te ne dopušta veliki koartikulacijski pritisak okolnih glasova, već on, zbog svoje potrebe za specifičnom jezičnom konfiguracijom te istovremenim održavanjem zvučnosti i frikcije, pruža otpor te ne dopušta utjecaj glasovne okoline. U ovome istraživanju jedino je kod I1 pronađena tendencija usporediva s tipičnim ispitanicima (Liker i Gibbon, 2013). Kod I2 ni u jednom trenutku ne dolazi do poklapanja linija frikativa niti se vidi tendencija opisana kod tipičnih ispitanika. Treći ispitanik, osim što nije ostvario jezičnu konfiguraciju kao tipični ispitanici, imao je suprotnu cjelokupnu tendenciju gdje je frikativ /ʃ/ tijekom cijeloga trajanja imao više vrijednosti u usporedbi s frikativom /ʒ/. Korištenje različitih strategija između ispitanika, kao i dokaz o suprotnim strategijama u usporedbi s tipičnom populacijom (dvoje od troje ispitanika), navode na zaključak da ovi ispitanici za proizvodnju zvučnih i bezvučnih frikativa ne koriste sve znakove zvučnosti, već neke koriste, a druge ne.

Količina dodira analizirala se na cijelom nepcu te odvojeno za prednji i stražnji dio nepca. Rezultati količine dodira na cijelom nepcu pokazali su da kod frikativa /ʃ/ postoji veći jezično-nepčani dodir u usporedbi s frikativom /ʒ/. Iako je tendencija ukupnoga prosjeka količine dodira pokazala da se /ʃ/ artikulira s debljim jezično-nepčanim kontaktom negoli /ʒ/, iz pojedinih rezultata ispitanika može se iščitati da je ta tendencija prisutna samo kod I3. Kod I1 i I2 ta je tendencija bila obrnuta te su oni /ʃ/ proizveli s tanjim, a /ʒ/ s debljim jezično-nepčanim kontaktom. Rezultati prvoga i drugoga ispitanika slažu se s podacima dobivenim na tipičnim ispitanicima za njemačke (Fuchs i sur., 2007) i češke postalveolarne frikative (Skarnitzl, Šturm i Machač, 2013), no hrvatski istraživači nisu pronašli razliku u ukupnome kontaktu između hrvatskih alveolarnih zvučnih i bezvučnih frikativa kada su koristili ovu mjeru

na cijelome nepcu (Liker i sur., 2012). To je razlog što je količina dodira analizirana odvojeno za prednji (prva četiri reda elektroda) i stražnji dio nepca (stražnja četiri reda elektroda), a budući da u hrvatskoj literaturi ne postoje podatci za ove mjere u atipičnome govoru, odlučeno je iskoristiti te iste mjere.

Ukupni prosjek količine dodira na prednjemu i stražnjemu dijelu nepca pokazao je istu tendenciju, to jest deblji jezično-nepčani dodir i na prednjemu i na stražnjemu dijelu nepca za bezvučni frikativ /ʃ/ te tanji jezično-nepčani dodir na prednjemu i stražnjemu dijelu nepca za zvučni frikativ /z/. Međutim, pojedinačni rezultati ispitanika nisu slijedili trend ukupnoga prosjeka. Ispitanik 1 i Ispitanik 3 frikativ /ʃ/ proizveli su na način da je više jezično-nepčanoga kontakta bilo na prednjemu dijelu nepca, a manje na stražnjemu dijelu nepca, dok je I2 pokazao suprotnu tendenciju. Kod proizvodnje frikativa /z/ ponovno su I1 i I3 koristili istu strategiju gdje je na prednjemu dijelu nepca bilo manje jezično-nepčanoga kontakta, a na stražnjemu više kontakta. Ispitanik 2 pokazao je suprotnu tendenciju te je zvučni postalveolarni frikativ proizveo s debljim kontaktom na prednjemu dijelu te tanjim jezično-nepčanim kontaktom na stražnjemu dijelu nepca. Takva tendencija pronađena je i kod tipičnih govornika (manje jezično-nepčanoga kontakta na stražnjemu dijelu nepca kod zvučnih frikativa) (Liker i sur., 2012; Narayanan i sur., 1995). Mogući razlog za ovakvu jezičnu konfiguraciju jest potreba za održavanjem transglotalne razlike kod zvučnih frikativa na način da se iza mjesta artikulacije smanji količina jezično-nepčanoga kontakta i samim time poveća šupljina. Međutim, strategija povećanja šupljine iza mjesta artikulacije karakteristika je zvučnih okluziva zato što tijekom njihove proizvodnje dolazi do stvaranja pregrade u oralnoj šupljini te brzo dolazi do izjednačavanja tlakova ispod i iznad grkljana. Da bi se to izjednačavanje tlakova kod zvučnih okluziva spriječilo, oni koriste strategiju povećanja šupljine da bi produljili trajanje transglotalne razlike potrebne za održavanje zvučnosti (Westbury, 1983). Takva strategija, osim kod zvučnih okluziva, primijećena je i kod proizvodnje hrvatskih zvučnih frikativa (Liker i Gibbon, 2011, 2013), a Liker i suradnici (2012) pretpostavljaju da je razlog tome činjenica da u hrvatskome jeziku zvučni frikativi trebaju održavati potpunu zvučnost tijekom cijeloga svoga trajanja.

Ispitanici I1 i I3 pokazuju suprotnu tendenciju s obzirom na tipične ispitanike (više jezično-nepčanoga kontakta na stražnjemu dijelu nepca kod zvučnih frikativa). Ukoliko se pođe od pretpostavke da i zvučni frikativi, kao i zvučni okluzivi, primjenjuju strategiju povećanja šupljine iza mjesta artikulacije, iz rezultata se vidi da ovih dvoje ispitanika nije koristilo ovu strategiju te su zvučnost realizirali pomoću nekih drugih znakova za regulaciju zvučnosti. Isto tako, zanimljivo je da je Ispitanik 1, čiji govor je procijenjen kao najbliži tipičnome, imao suprotne tendencije u usporedbi s tipičnim govornicima u kontekstu mjera količine dodira na prednjemu i stražnjemu

dijelu nepca. Varijabilnost ukupnoga kontakta na prednjemu dijelu nepca bila je manja kod bezvučnoga frikativa /f/ (13,2 %) u usporedbi sa zvučnim /z/ (23,9 %). Ovakvo velika razlika između varijabilnosti bezvučnoga i zvučnoga frikativa dijelom je uzrokovana visokom varijabilnosti trećega ispitanika za zvučni frikativ (53,8 %), a tako visoka varijabilnost kod I3 može upućivati na nestabilnost artikulacije i prisutnost određenih poteškoća u regulaciji zvučnoga frikativa. Varijabilnost ukupnoga kontakta na stražnjemu dijelu nepca ponovno je bila manja kod bezvučnoga frikativa /f/ (20,3 %) u odnosu na zvučni /z/ (22,8 %), što može upućivati da ispitanici bolje reguliraju proizvodnju bezvučnoga frikativa u odnosu na zvučni frikativ kod kojega je potrebno istovremeno regulirati dvije suprotne strategije (zvučnost i frikciju) te održavati zvučnost tijekom cijeloga trajanja frikativa na način da se poveća šupljinu iza mjesta artikulacije. Usporedba varijabilnosti na prednjemu i stražnjemu dijelu nepca pokazuje da je ukupno manje varijabilnosti na prednjemu dijelu nepca, što ima smisla budući da se radi o lingvalnim frikativima koji se proizvode vrhom jezika (Horga i Liker, 2016) i potrebna je velika preciznost između aktivnoga i pasivnoga artikulatora te određeni stupanj otpora vrha jezika na okolne glasove.

Rezultati dinamike ukupnoga jezično-nepčanoga kontakta pokazali su sličnu tendenciju, odnosno slično kretanje jezika kod oba frikativa kod svih troje ispitanika. Drugim riječima, linija jezika na početku, u sredini i na kraju bezvučnoga frikativa podudarala se s početkom, sredinom i krajem zvučnoga frikativa (Slika 10.). Takvo kretanje jezika upućuje na sličnu jezičnu konfiguraciju kod oba frikativa. Taj je rezultat suprotan rezultatu tipičnih govornika kod kojih je pronađeno da frikativ /f/ tvori konveksniju liniju jezika u odnosu na frikativ /z/ koji tvori ravniju liniju (Liker i Gibbon, 2013). Ovakve jezične konfiguracije kod tipične populacije posljedica su složene glotalno-supraglotalne koordinacije kod bezvučnih i zvučnih frikativa. Naime, budući da kod bezvučnih frikativa glasnice ne rade i zračna struja može neometano izlaziti iz pluća, bezvučni frikativi moraju određenom jezičnom konfiguracijom, odnosno određenim oblikovanjem šupljina na supraglotalnoj razini, usmjeriti taj zrak prema van. Oni to postižu na način da prvo podignu stražnji dio jezika, čime zatvaraju bočne strane i osiguravaju lakše usmjeravanje zraka iz pluća, a tek potom naprijed stvaraju uski žlijeb (Liker i Gibbon, 2013). S druge strane, zvučni frikativi istovremeno moraju ostvariti dvije suprotne strategije (zvučnost i frikciju) te se vjeruje da tijekom svoje proizvodnje uključuju strategiju povećanja šupljine iza mjesta artikulacije (Liker i Gibbon, 2011, 2013). Takva strategija zahtijeva spuštanje larinksa, koji posljedično spušta i stražnji dio jezika te sprječava kontakt jezika i nepca. Liker i Gibbon (2013) navode da jednom kada dođe do kontakta između jezika i nepca, automatski se stvara uski žlijeb te time objašnjavaju ravnomjerniji dodir te posljedično ravniju

liniju jezika kod zvučnih frikativa. Uspoređujući troje ispitanika ovoga istraživanja s prethodno objavljenim podacima za tipične ispitanike, nijedan ispitanik ne formira jezične konfiguracije kao što to rade tipični govornici. Kod I3, linija za /ʒ/ ravnija je u usporedbi s drugih dvoje ispitanika, te bi takva konfiguracija mogla upućivati na sličnost s tipičnim govornicima, no kod ovoga ispitanika ukupni kontakt je suprotan tipičnim govornicima (/ʃ/ ima više jezično-nepčanoga kontakta, a /ʒ/ manje).

Rezultati dinamike žlijeba pokazali su da se rezultati samo kod Ispitanika 1 poklapaju s podacima za tipične govornike. Naime, kod I1 zvučni i bezzvučni frikativ poklapaju se u sredini svoga trajanja što je istovjetno s rezultatima za postalveolarne frikative kod tipičnih govornika (Liker i Gibbon, 2013). Kod Ispitanika 2 vidi se (Slika 11.) gotovo identična dinamika kretanja jezika za /ʃ/ i /ʒ/, no ni u jednome trenutku se dvije linije ne poklapaju što je suprotno tipičnim govornicima. Ispitanik 3 ponovno je imao najravniju liniju jezika za zvučni frikativ u usporedbi s drugih dvoje ispitanika, no zbog cjelokupne suprotne tendencije (uži žlijeb za /ʃ/, širi za /ʒ/) njegovi rezultati su, bez obzira na dobru tendenciju, suprotni podacima za tipične ispitanike. Formiranje uskoga žlijeba složena je strategija za ostvarivanje zvučnosti te je rezultat fine grkljansko-nadgrkljanske regulacije za koju su potrebne proprioceptivna te slušna kontrola. S obzirom na to ne čudi podatak da su ispitanici u ovome istraživanju imali poteškoća sa složenijim dinamičkim regulacijama pri proizvodnji frikativa (kao što je formiranje žlijeba), a manje poteškoća imali su u jednostavnijim regulacijama (kao što je razlika u trajanju bezzvučnoga i zvučnoga frikativa).

Artikulacijska je konfiguracija postalveolarnih frikativa /ʃ/ i /ʒ/ kod ovih troje atipičnih ispitanika usporediva s artikulacijskom konfiguracijom ovih frikativa u tipičnoj čujućoj populaciji s obzirom na trajanje i mjesto artikulacije (Tablica 1.). Međutim, koartikulacijski se procesi (analizirani kroz artikulacijsku dinamiku i utjecaj vokala na frikative) pronađeni kod atipičnih govornika ovoga ispitivanja razlikuju od postojećih podataka za tipične govornike i to kod svakoga ispitanika na drugačiji način. Od troje analiziranih ispitanika, Ispitanik 1 najbliži je tipičnim govornicima, Ispitanik 2 pokazao je nešto više odstupanja od prethodno objavljenih rezultata za tipične ispitanike, dok su artikulacijske i koartikulacijske karakteristike Ispitanika 3 pokazale najmanje podudaranja s opisanim tipičnim govorom (Tablica 1.). Naime, Ispitanik 1 ima sve mjerene artikulacijske karakteristike frikativa usporedive s tipičnim hrvatskim govorom, dok su od ukupno tri karakteristike artikulacijske dinamike (koartikulacije) čak dvije usporedive s tipičnim izgovorom. Ovaj ispitanik ujedno ima najbolje rezultate govornoga audiograma i najraniju dob ugradnje pužnice. Rezultati analize izgovora Ispitanika 2 pokazuju da je i ovaj ispitanik po svim artikulacijskim karakteristikama usporediv s tipičnim hrvatskim govorom, dok po parametrima koartikulacije nije

usporediv s tipičnim hrvatskim govorom. Valja primijetiti da ovaj ispitanik ima slabije rezultate govornoga audiograma i kasniju dob ugradnje umjetne pužnice u usporedbi s Ispitanikom 1. Ispitanik 3 pokazao je najmanje sličnosti s tipičnim hrvatskim govorom, kako u domeni artikulacijskih karakteristika tako i u domeni dinamike koartikulacije. Uočljivo je da je ovaj ispitanik imao najslabije rezultate govornoga audiograma i najkasniju dob ugradnje. Podudaranje slušnoga statusa s kvalitetom izgovora nije nikakav novitet u znanstvenim istraživanjima. Međutim, novost koju donosi ovo istraživanje jest pokazatelj da se ponekad različiti slušni statusi ispitanika neće odraziti na razliku u postizanju artikulacijskih konfiguracija, ali će razlika biti uočljiva u artikulacijskoj dinamici. Na primjer, I1 i I2 imaju različite kliničke statuse, ali gotovo identične artikulacijske karakteristike. Iako razlika između I1 i I2 nije u artikulacijskim konfiguracijama, ona je vidljiva u različitoj artikulacijskoj dinamici (koartikulaciji). Ovaj bi fenomen, naravno, trebalo dalje istraživati jer se može pokazati da neki atipični ispitanici imaju gotovo tipičnu artikulaciju, ali bitno atipičnu koartikulaciju. Bez obzira na rezultate artikulacijske konfiguracije i artikulacijske dinamike, rezultati utjecaja vokala na frikative pokazali su da se koartikulacijski procesi kod svih ispitanika općenito mogu objasniti koprodukcijским teorijama.

**Tablica 1.** Sažetak rezultata. Oznaka + pokazuje u kojim parametrima artikulacija i koartikulacija svakoga ispitanika odgovara predviđanjima koprodukcijских teorija i podacima objavljenima za tipične hrvatske ispitanike

**Table 1.** Summary of the results. Plus sign (+) indicates the category where each speaker's performance is comparable to the predictions of the coproduction theory of coarticulation or normative data for Croatian

<b>Artikulacijska konfiguracija</b>	<b>I1</b>	<b>I2</b>	<b>I3</b>
trajanje frikativa	+	+	+
mjesto artikulacije	+	+	+
količina jezično-nepčanog kontakta	+	+	
širina žlijeba	+	+	
<b>Artikulacijska dinamika</b>	<b>I1</b>	<b>I2</b>	<b>I3</b>
mjesto artikulacije	+		
količina jezično-nepčanog kontakta			
širina žlijeba	+		

Na kraju je bitno naglasiti da treba biti oprezan pri generaliziranju ovih zaključaka na ostatak atipične populacije. Prvi razlog za oprez jest mali broj ispitanika kao i



njihova heterogenost (dob implantacije umjetne pužnice, dob početka terapije, trajanje terapije, govorni audiogram). Drugi razlog za oprez leži u razlikama artikulacijskih i koartikulacijskih strategija analiziranih ispitanika. Zbog svega toga, nužno je provoditi dodatna istraživanja prije izvođenja konačnih zaključaka o njihovim artikulacijskim i koartikulacijskim procesima.

## Zahvala

Zahvaljujemo recenzentima na korisnim komentarima ranijih verzija ovoga rada. Istraživanje je izrađeno u sklopu projekta Koartikulacija u hrvatskom govoru: instrumentalno istraživanje (KROKO), koji je financirala Hrvatska zaklada za znanost (HRZZ). Zahvalni smo kolegi Vladimiru Prašinu i Poliklinici SUVAG na susretljivosti i pomoći u uključivanju ispitanika u ovaj projekt. Bez ustrajnoga i marljivoga sudjelovanja naših ispitanika ovaj projekt ne bi bio moguć.

## REFERENCIJE

- Bakran, J.** (1996). *Zvučna slika hrvatskoga govora*. Zagreb: Ibis grafika.
- Cheng, H. Y., Murdoch, B. E., Goozée, J. V. i Scott, D.** (2007). Electropalatographic assessment of tongue-to-palate contact patterns and variability in children, adolescents, and adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(2), 375–392.
- Dagenais, P. A., Lorendo, L. C. i McCutcheon, M. J.** (1994). A study of voicing and context effects upon consonant linguapalatal contact patterns. *Journal of Phonetics*, 22(3), 225–238.
- Farnetani, E. i Recasens, D.** (1997). Coarticulation and connected speech processes. U W. J. Hardcastle i J. Laver (ur.), *The handbook of phonetic sciences* (str. 371–404). Oxford: Blackwell Publishers.
- Fuchs, S., Brunner, J. i Busler, A.** (2007). Temporal and spatial aspects concerning the realizations of the voicing contrast in German alveolar and postalveolar fricatives. *Advances in Speech Language Pathology*, 9(1), 90–100.
- Gibbon, F. E.** (2004). Abnormal patterns of tongue-palate contact in the speech of individuals with cleft palate. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 18(4–5), 285–311.
- Gibbon, F. E., Lee, A. i Yuen, I.** (2010). Tongue-palate contact during selected vowels in normal speech. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 47(4), 405–412.
- Gibbon, F., Smeaton-Ewins, P. i Crampin, L.** (2005). Tongue-palate contact during selected vowels in children with cleft palate. *Folia Phoniatria et Logopaedica*, 57(4), 181–192.

- Hardcastle, W. J., Gibbon, F. i Nicolaidis, K.** (1991). EPG data reduction methods and their implications for studies of lingual coarticulation. *Journal of Phonetics*, 19(3–4), 251–266.
- Hardcastle, B. i Tjaden, K.** (2008). Coarticulation and speech impairment. U M. J. Ball, M. R. Perkins, N. Müller i S. Howard (ur.), *The handbook of clinical linguistics* (str. 506–524). Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.
- Horga, D. i Liker, M.** (2006). Voice and pronunciation of cochlear implant speakers. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 20(2–3), 211–217.
- Horga, D. i Liker, M.** (2016). *Artikulacijska fonetika: anatomija i fiziologija izgovora*. Zagreb: Ibis grafika.
- Liker, M.** (2009). *Elektropalatografska analiza hrvatskih glasova*. Neobjavljeni doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.
- Liker, M. i Gibbon, F.** (2011). Groove width in Croatian voiced and voiceless postalveolar fricatives. In *ICPhS*, 1238–1241.
- Liker, M. i Gibbon, F. E.** (2013). Differences in EPG contact dynamics between voiced and voiceless lingual fricatives. *Journal of the International Phonetic Association*, 43(1), 49–64.
- Liker, M., Horga, D. i Mildner, V.** (2012). Electropalatographic specification of Croatian fricatives /s/ and /z/. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 26(3), 199–215.
- Liker, M., Vidović Zorić, A., Zharkova, N. i Gibbon, F.** (2019). Ultrasound analysis of postalveolar and palatal affricates in Croatian: A case of neutralisation, U S. Calhoun, P. Escudero, M. Tabain i P. Warren (ur.), *Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*. Melbourne, Australia 2019, 3666–3670.
- McLeod, S., Roberts, A. i Sita, J.** (2006). Tongue/palate contact for the production of /s/ and /z/. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 20(1), 51–66.
- Mildner, V.** (2018). Aspects of coarticulation. U M. Gosy i T. E. Graczy (ur.), *Challenges in analysis and processing of spontaneous speech* (str. 27–48). Budapest: Research Institute for Linguistics & Hungarian Academy of Sciences.
- Mildner, V. i Liker, M.** (2003). Acoustic analysis of the speech of children with cochlear implants and comparison with hearing controls. In *Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, vol. 1 (str. 2377–2380). Causal Productions.
- Mildner, V. i Liker, M.** (2008). Fricatives, affricates, and vowels in Croatian children with cochlear implants. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 22(10–11), 845–856.
-

- 
- Narayanan, S. S., Alwan, A. A. i Haker, K.** (1995). An articulatory study of fricative consonants using magnetic resonance imaging. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 98(3), 1325–1347.
- Pratt, S. R. i Tye-Murray, N.** (1997). Speech impairment secondary to hearing loss. U M. R. McNeil (ur.), *Clinical management of sensorimotor speech disorders* (str. 345–387). New York, NY: Thieme.
- Recasens, D., Pallarès, M. D. i Fontdevila, J.** (1997). A model of lingual coarticulation based on articulatory constraints. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 102(1), 544–561.
- Sfakianaki, A., Nicolaidis, K. i Okalidou, A.** (2017). Vowel-to-vowel coarticulation in Greek normal-hearing and hearing-impaired speech. In *Proceedings of the International Symposium on Monolingual and Bilingual Speech* (str. 258).
- Sfakianaki, A., Nicolaidis, K., Okalidou, A. i Vlahavas, G.** (2018). Coarticulatory dynamics in Greek disyllables produced by young adults with and without hearing loss. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 32(12), 1162–1184.
- Skarnitzl, R., Šturm, P. i Machač, P.** (2013). The phonological voicing contrast in Czech: An EPG study of phonated and whispered fricatives. In *INTERSPEECH* (str. 3191–3195).
- Stone, M.** (2013). Laboratory techniques for investigating speech articulation. U W. J. Hardcastle, J. Laver i F. E. Gibbon (ur.), *The handbook of phonetic sciences*, 2 izd. (str. 9–31). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Waldstein, R. S. i Baum, S. R.** (1991). Anticipatory coarticulation in the speech of profoundly hearing-impaired and normally hearing children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 34(6), 1276–1285.
- Westbury, J. R.** (1983). Enlargement of the supraglottal cavity and its relation to stop consonant voicing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 73(4), 1322–1336.
- Wrench, A. A.** (2007). Advances in EPG palate design. *Advances in Speech Language Pathology*, 9(1), 3–12.
- Wrench, A.** (2008). *Articulate assistant user guide*, verzija 1.17. Musselburgh: Articulate Instruments Limited, Queen Margaret University.
-

**Dora Kolarić***dora.kolaric1311@gmail.com*

Zagreb, Croatia

**Marko Liker***mliker@ffzg.unizg.hr*

Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Zagreb

Croatia

## **Lingual coarticulation in voiced and voiceless postalveolar fricatives in cochlear implant users: EPG evidence from Croatian**

### **Summary**

There are several reasons for investigating coarticulation in atypical speech – it can reveal new insights into typical sensorimotor behaviour, enhance existing coarticulatory models and theories and finally, improve the diagnosis and the treatment of atypical speech (Hardcastle & Tjaden, 2008). Researchers have so far focused on several groups of patients and hearing-impaired persons are one of the most frequently targeted groups in this respect (Hardcastle & Tjaden, 2008; Pratt & Tye-Murray, 1997). The common finding is that prelingually deaf persons with cochlear implants (CI) might have different gestural organization from persons with typical hearing (TH). The nature and details of that difference is still largely unknown and further research is needed. Lingual aspects of gestural organization are the most important aspects of speech production and electropalatography (EPG) is currently the only available technique specifically designed to investigate linguopalatal contact patterns. Therefore, in this investigation we use EPG to investigate lingual coarticulation in voiced and voiceless postalveolar fricatives /ʃ/ and /ʒ/ in prelingually deaf CI users. We shall compare the results with previously published findings on TH persons (Liker & Gibbon, 2011, 2013). It is our hypothesis that analysing coarticulation in speech sounds which require complex gestural organization and auditory control will reveal some differences in the nature of gestural organization between CI and TH persons.

Research into speech of CI users is challenging in several important aspects – small and heterogeneous groups, which are hard to identify and recruit, as well as complex nature of kinematic data acquisition and analysis. This investigation is no different in this respect, so we treat each speaker as a separate experiment.

---

Three prelingually deaf CI users participated in this investigation. All three participants were female and they were native speakers of Croatian, aged 19 (I2), 23 (I1) and 27 (I3). They differed with respect to age at implantation (I1 = 3; I2 = 5.3; I3 = 10) and age at rehabilitation (I1 = 2; I2 = 5.7; I3 = 3.6) and speech audiometry results (I1 = 90% at 45dB; I2 = 70% at 65dB; I3 = 60% at 50dB). Speech material was collected by means of a modified map-task experiment whereby quasi-spontaneous speech was elicited. In such a task speakers repeated each fricative (/ʃ/ and /ʒ/) four times in three symmetrical vowel contexts (/ii/, /aa/, /uu/). Recording, annotation and data analysis were performed via Articulate Assistant software (Articulate Instruments Ltd., 2008), while statistical analysis and data visualization were done via MS Excel. Four EPG parameters were measured (CoG, amount of contact, central groove, fricative duration) and they were analysed at temporal midpoint of the fricative (in order to analyse overall articulatory configuration) and at 5 equally spaced sample points throughout the fricative (in order to analyse articulatory dynamics in normalized duration).

The results showed that there are observable inter-speaker differences in the way they articulate and coarticulate voiced as opposed to voiceless postalveolar fricatives. These differences and their relation to participants' hearing status will be discussed. Lingual correlates of voicing difference are similar to those reported for TH persons when measured at fricative mid-point, but observable difference between CI and TH persons can be seen when articulatory dynamics is taken into account.

**Keywords:** cochlear implant (CI), coarticulation, fricatives, electropalatography (EPG)

---

