

# UTJECAJ ZUBNE PROTEZE NA IZGOVOR FRIKATIVA

DAMIR HORGA<sup>1</sup>, TOMISLAV BADEL<sup>2</sup>, MARKO LIKER<sup>1</sup>, ANA VIDOVIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, Odsjek za fonetiku, Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup>Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

Izvorni znanstveni rad

UDK: 376.1-056.264

Autor za dopisivanje: Prof.dr.sc. Damir Horga, Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, Odsjek za fonetiku, Ivana Lučića 3, Zagreb, Hrvatska; e-mail: dhorga@ffzg.hr

**Sažetak:** Gubitakom zuba te nošenjem zubne proteze mijenjaju se anatomska obilježja vokalnoga trakta. Promjene vokalnoga trakta dovode do prilagodbi govornikovih uobičajenih artikulacijskih programa, a one imaju za cilj proizvodnju razumljivoga govora. Načelo artikulacijske ekvivalentnosti omogućuje takvim govornicima proizvodnju akustički razmjerno prihvatljivoga govora. Međutim, pri izgovoru aerodinamički zahtjevnih glasnika, poput frikativa, javljaju se razlike u proizvodnji govora između govornika sa zubnom protezom i govornika uredne denticije. U ovom je istraživanju analizirana proizvodnja frikativa u govornika s dentalnom protezom (N=33) te su njihovi rezultati uspoređeni s rezultatima ispitanika uredne denticije (N=10). Govor tridesetitroje govornika s protezom analiziran je u dva uvjeta: s protezom i bez nje. Analizirana je proizvodnja šest hrvatskih frikativa u 18 beznačenjskih riječi simetrične vokalske okoline (VKV; V=/i, a, u/; K=/ʒ, ʃ, z, s, f, x/). Analizirano je šest akustičkih varijabli: 1. trajanje frikativa, 2. težište spektra šuma, 3. raspršenje spretra šuma, 4. nagib spektra šuma, 5. istaknutost najjače amplitude spektra šuma, te 6. intenzitet šuma frikativa. Govorni materijal snimljen je u standardnim fonetskim laboratorijskim uvjetima. Akustička analiza provedena je programom Praat, a statistička obrada i vizualizacija rezultata programom MS Excel. Rezultati su pokazali da su akustičke karakteristike frikativa u govornika koji nose protezu bliže kontrolnoj skupini kada nose protezu, nego kad su bez nje.

**Ključne riječi:** dentalna proteza, frikativi, akustička analiza, hrvatski.

## UVOD

Govor kao prirodan i učinkovit komunikacijski sustav u završnoj fazi svoje proizvodnje zahtijeva od govornika visoki stupanj motoričkih izgovornih vještina. Izgovor jedne kratke rečenice od par sekunda ostvaruje se aktivacijom i radom velikog broja mišića koji moraju biti visoko koordinirani da bi se rečenica razgovjetno izgovorila (Laver, 1994; Horga, 1996; Perkell, 1999). Taj proces postaje još složeniji ako se uzme u obzir promjenjivost kontekstualnih uvjeta u kojima se govori i govorni kontekst pojedinih izgovornih jedinica (Farnetani i Recasens, 1999; Manuel, 1999; Recasens, 1999). To upućuje na dinamičnost izgovornih motoričkih programa koji prema tome zahtijevaju neprestano podešavanje motoričkih naredbi. Zato se artikulacijski pokreti i motorička kontrola govora objašnjava pojmom *motoričke ekvivalentnosti* koja se definira kao mogućnost motoričkog sustava da

ostvari jednak konačni rezultat uz znatan varijabilitet pojedinačnih sastavnica koje sudjeluju u govoru (Hughes i Abbs, 1976). Dakle motorički se program može definirati kao reprezentacija dinamičkih procesa s pomoću kojih se senzorimotorne obavijesti usklađuju tako da se osigura suradnja i komplementarni doprinos pojedinih sastavnica govornog pokreta u realizaciji općeg unaprijed određenog cilja. Pokret kojim se ostvaruje ciljani oblik artikulacijskog prolaza naziva se artikulacijskom gestom (Browman i Goldstein, 1990; Fowler i Saltzman, 1993). Izgovornu gestu za neki glasnik čine relevantni pokreti kao što je na primjer bilabijalna okluzija za glasnik /p/ ali i pokreti koji imaju veći stupanj slobode kao što je na primjer položaj jezika u artikulaciji toga /p/. Takvi fonološki važni pokreti odnosno izgovorne geste nazivaju se i koordinativnim strukturama upravo zbog nužne koordinacije različitih motoričkih komponenata koje sudjeluju u ostvarivanju neke izgovorne geste.

Takvo tumačenje izgovornih mehanizama pretpostavlja postojanje kompenzacijskih mehanizama kojima se neutralizira odstupanje pojedinih sastavnica od očekivanog pokreta u odnosu na konačan rezultat govora. U zdravom govoru ti mehanizmi funkcioniraju neprekidno i omogućuju finu regulaciju govora. Pretpostavlja se da bi govor bez tih mehanizama bio nerazumljiv (Lindblom i sur., 1979). Postojanje kompenzacijskih mehanizama eksperimentalno se proučava različitim oblicima ometanja izgovora (fiksirani zagriz, umjetno nepce, labijalna cijev, neočekivano opterećenje pojedinog artikulatora). Ti su eksperimenti pokazali da se ispitanici neposredno i brzo prilagođavaju promijenjenim uvjetima u artikulacijskom prolazu i ostvaruju relativno prirodan izgovor ovisno o stupnju ometanja.

Zubi predstavljaju važan element artikulacijskog sustava kao uporište jezika i usana u stvaranju različitih oblika artikulacijskog prolaza i kao čimbenik osiguravanja aerodinamičkih uvjeta prilikom prolaska zračne struje kroz izgovorni prolaz. Različita su istraživanja pokazala da ortodontski status govornika može utjecati na izgovor tako da je u ispitanika s ortodontskim problemima veći broj onih koji imaju i pridružene izgovorne poteškoće (Mehnert i sur., 1983; Kent i Shaaf, 1982; Laine, 1985; 1992; Speirs, 1990; Ivičević-Desnica i sur., 1991; Vranić i Hunski, 1993). Hunski (1994) navodi podatke da postoci ortodontskih anomalija variraju od 21% do 81% u predškolske djece i između 50% i 80% u školske djece. Izgovorni su poremećaji zabilježeni u 30% predškolske i 12% školske djece. Odnos između izgovornog i ortodontskog statusa promatran je na uzorku od 282 srednjoškolca te je ustanovljeno da 70,6% ispitanika ima artikulacijske, uglavnom lakše, poremećaje a za 80% ispitanika da ima ortodontske anomalije. Združeni izgovorni i ortodontski poremećaji nađeni su u 59,2% srednjoškolaca dok je samo 8,5% ispitanika bilo normalnog ortodontskog i izgovornog statusa. U početnoj fazi ortodontske terapije izgovor ispitanika se destabilizira jer se mijenja anatomska struktura koja zahtijeva razvoj novih izgovornih mehanizama (Hunski, 1994) pa se tek u završnoj fazi terapije i po njezinom završetku može očekivati stabilizacija izgovora.

Bezubost je poremećaj koji će nedvojbeno djelovati na izgovor. Gubitak zubi uvjetovan je produljenjem životne dobi pa postoji i kontinuirani porast udjela populacije s djelomičnom i potpunom bezubošću. Pretpostavlja se da će u Sjedinjenim Američkim Državama biti 38 milijuna bezubih odraslih osoba do 2020. godine (Roumanas, 2009). Nedostatak prednjih zubi djeluje na izgovor labiodentalnih i bilabijalnih glasova. Izgovor dentalnih glasovi bit će narušen s jedne strane zato što vrh jezika i prednji dio jezika neće imati čvrsto uporište za stvaranje okluzija i tjesnaca i s druge strane neće se stvoriti potrebni aerodinamički uvjeti za stvaranje fine zračne struje u izgovoru frikativa i afrikata ili dovoljno snažnih eksplozija kod okluziva. Konačno zbog bezubosti se mijenjaju i rezonatorski uvjeti u artikulacijskom prolazu što može djelovati na akustičke karakteristike samoglasnika i sonanata. Osim žvačne i estetske funkcije zubna proteza ima i govornu funkciju uspostavljanjem statusa usne šupljine koji se približava statusu osoba uredne denticije. Dentalna proteza s jedne strane uspostavlja uredan status vraćajući zube, ali smanjuje obujam usne šupljine i mijenja senzoricu artikulatora i prostorne odnose jezika i nepca.

## CILJ

Cilj ovoga rada je akustički kvantificirati karakteristike izgovora frikativa u govornika sa zubnom protezom kad nose protezu i kad su bez nje te usporediti njihove rezultate s onima kod ispitanika uredne denticije. Svrha je takvih podataka doprinos određenju razlike između tipičnog i atipičnog govora, koji svoju primjenu mogu naći kako u kliničkoj primjeni tako i u nekim aspektima sinteze govora.

## HIPOTEZA

Pretpostavljena je hipoteza H1 da će govornici sa zubnom protezom kad nose protezu biti bliži ispitanicima uredne denticije, ali da neće u potpunosti doseći kvalitetu njihovog izgovora. Druga je hipoteza H2 da će artikulacija zvučnih frikativa kod govornika s protezom najviše odstupati od izgovora tih glasnika kod ispitanika uredne denticije, i to zbog zahtjevnih aerodinamičkih uvjeta potrebnih za istovremenu zvučnost i frikativnost.

## METODA

### Ispitanici

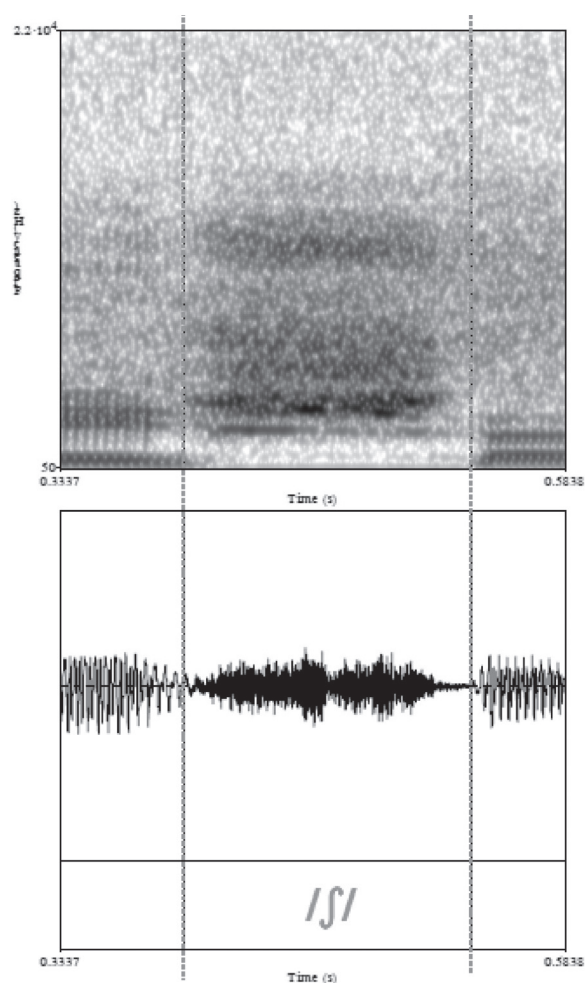
U istraživanju je sudjelovalo ukupno 43 ispitanika: 33 ispitanika sa zubnom protezom i 10 ispitanika uredne denticije. Svi ispitanici dobrovoljno su sudjelovali u istraživanju. Skupina ispitanika sa zubnom protezom bila je eksperimentalna skupina, a sačinjavale su je tri podskupine: ispitanici s gornjom i donjom potpunom protezom (N=15), ispitanici s potpunom gornjom i djelomičnom donjom protezom (N=8) te ispitanici s gornjom i donjom djelomičnom protezom (N=5). Svi ispitanici u eksperimentalnoj skupini imali su manjak zuba u frontalnom dijelu, te su svi mogli izvaditi protezu iz usta. Prosječna dob eksperimentalne skupine bila je 65,4 godine. Skupina ispitanika uredne denticije bila je kontrolna skupina. Prosječna dob odgovarala je prosječnoj dobi eksperimentalne skupine.

### Korpus i instrumentarij

Govorni materijal snimljen je u standardnim fonetskim laboratorijskim uvjetima. Sastojao se od 18 beznačenjskih riječi simetrične VKV strukture (V = /i, a, u/, K = /ʒ, ʃ, z, s, f, x/). Svaki od 33 ispitanika sa zubnom protezom izgovorio je listu od 18 riječi dva puta: bez proteze i s protezom. Kontrolna skupina od 10 ispitanika uredne denticije izgovorila je listu riječi jednom. Time je korpus riječi pripremljen za analizu obuhvaćao 1368 snimljenih riječi. Riječi su ispitanicima bile prikazane uzastopno na računalnom zaslonu, a jedina uputa ispitanicima bila je pročitajte riječi koje vidite. Kada bi ispitanik izgovorio riječ, na zaslonu bi se pojavila sljedeća i tako sve do kraja liste riječi. Mikrofon je bio udaljen 20 centimetara od usta ispitanika. Zvučni signal snimljen je izravno na tvrdi disk računala, frekvencijom uzorkovanja ( $f_s$ ) od 44kHz, što je omogućilo i više nego dovoljno visoku Nyquistovu frekvenciju ( $f_N$ ) za analizu frikativa. Akustička analiza napravljena je programom Praat (Boersma i Weenink 2011). Za statističku obradu i vizualizaciju rezultata korišten je MS Excel. Opis analize i statističkog postupka je u sljedećoj cjelini.

### Analiza podataka i procedura

U svrhu akustičkog opisa frikativa analizirano je 6 varijabli: trajanje frikativa, težište spektra šuma, raspršenje spektra, nagib spektra, istaknutost najjačeg vrha spektra šuma te intenzitet šuma frikativa. Trajanje je izmjereno nakon segmentiranja i anotiranja frikativa u svakoj od 1368 snimljenih riječi (slika 1). Sve ostale varijable također su mjerene unutar anotiranih područja. Početak frikativa označen je u trenutku prestanka jasno vidljivog drugog formanta i/ili početka jasno vidljivog šuma na spektrogramu. Kraj frikativa bio je određen trenutkom početka jasno vidljivog drugog formanta i/ili prestanka jasno vidljivog šuma.



Slika 1. Ilustracija kriterija segmentiranja i anotiranja frikativa.

Težište spektra šuma frikativa statistička je mjera centra gravitacije najveće koncentracije

energije u spektru (Kent i Read, 2002; Jones i Nolan, 2007; Jones i McDougall, 2009; Li i sur., 2009). Približno odgovara centralnoj frekvenciji šuma. Raspršenje spektra šuma standardna je devijacija centra gravitacije šuma (Kent i Read, 2002; Jones i Nolan, 2007; Jones i McDougall, 2009; Li i sur., 2009). Približno odgovara raspršenju oko centralne frekvencije spektra šuma. Nagib spektra šuma je statistički odmak od težišta distribucije podataka. Ova mjera je korisna jer govori gdje se nalazi većina energije koja je raspršena oko centra gravitacije: ako je većina energije ispod centra gravitacije onda je vrijednost bliža nuli ili je u negativnim vrijednostima, a ako je većina energije iznad centra gravitacije onda je vrijednost veća i u pozitivnim vrijednostima (Kent i Read, 2002). Istaknutost glavne amplitude je statistička istaknutost težišta distribucije podataka. Ova je mjera korisna jer dopušta kvantifikaciju relativne jačine najistaknutijeg dijela spektra u odnosu na okolne dijelove spektra koji su niže amplitude (Kent i Read, 2002). Intenzitet je također mjeren unutar područja anotacije. Vrijednosti su normalizirane u odnosu na intenzitet govora ispitanika uredne denticije.

Za sve varijable napravljena je temeljna deskriptivna statistika. Testiranje statističke značajnosti razlike provedeno je heteroskedastičnim t-testom, koji pretpostavlja različite varijance testiranih uzoraka.

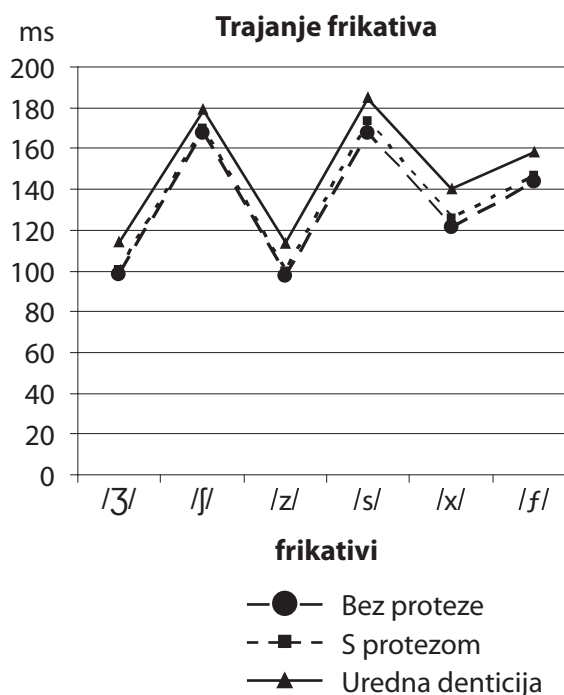
## REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati ovog istraživanja prikazani su grafički za pojedine frikative u tri govorna uvjeta (ispitanici uredne denticije, nosioci proteze u izgovoru s protezom i bez proteze), a značajnosti razlika u tablicama za svaku od promatranih akustičkih varijabli.

### Trajanje frikativa

Rezultati pokazuju da je trajanje frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije dulje nego u promatrane skupine nosilaca proteza bilo da oni govore s protezom ili bez proteze (slika 2, tablica 1). Međutim kada pacijenti govore s protezom trajanje njihovih frikativa se neznatno ali sistematično približava izgovoru ispitanika

uredne denticije. Zanimljivo je da je to približavanje nešto veće za bezvučne frikative nego za zvučne tako da za glasove /ʃ/ i /x/ ta razlika čak nije statistički značajna (tablica 2). Veća razlika između ispitanika uredne denticije i onih sa zubnom protezom u izgovoru zvučnih frikativa, može se objasniti složenošću aerodinamičnih uvjeta nužnih za održavanje zvučnosti i frikativnosti. Naime, zvučnost i frikativnost su izgovorni procesi koji zahtijevaju suprotne aerodinamične uvjete. Da bi se zvučnost održala tijekom cijelog trajanja frikativa, nužna je transglotalna razlika u tlaku, pri čemu je supraglotalni tlak viši od subglotalnoga. S druge strane, za postizanje kontinuiranog šuma, nužan je povišeni supraglotalni tlak (Fuchs, 2005; Fuchs i Koenig, 2009). S druge strane, u bezvučnih frikativa povećanje supraglotalnog tlaka je nesmetano i dodatno je potaknuto otvorenim glotisom (Ohala i Sole, 2010). S obzirom na ovo, razumljivo je da je ispitanicima s dentalnom protezom teže kontrolirati ova dva složena artikulacijska procesa (zvučnost i frikativnost) u zvučnim frikativima, nego što je to ispitanicima uredne denticije.



Slika 2. Trajanje frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govora pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.



**Tablica 1.** Aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ) i standardne devijacije ( $\sigma$ ) trajanja frikativa u izgovoru ispitanika uredne dentacije te govora pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.

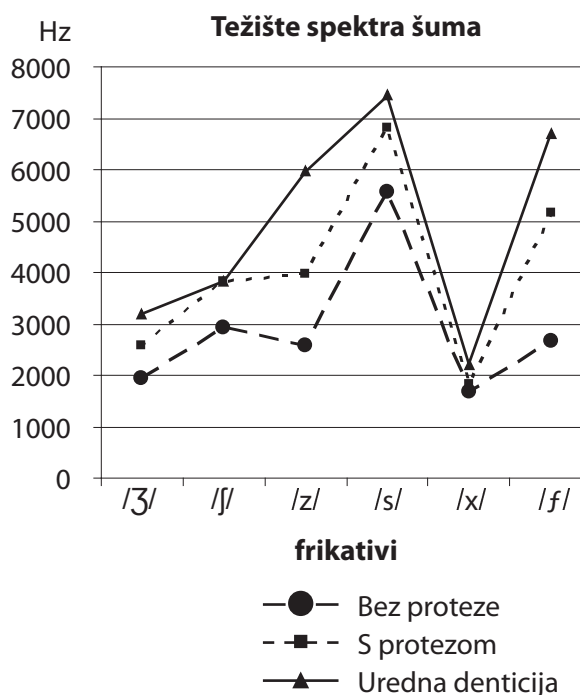
	Bez proteze	S protezom	Uredna dentacija
/ʒ/	$\bar{x}$ 98 ( $\sigma$ 24)	$\bar{x}$ 100 ( $\sigma$ 27)	$\bar{x}$ 114 ( $\sigma$ 17)
/ʃ/	$\bar{x}$ 167 ( $\sigma$ 35)	$\bar{x}$ 169 ( $\sigma$ 32)	$\bar{x}$ 179 ( $\sigma$ 23)
/z/	$\bar{x}$ 97 ( $\sigma$ 28)	$\bar{x}$ 99 ( $\sigma$ 24)	$\bar{x}$ 113 ( $\sigma$ 23)
/s/	$\bar{x}$ 167 ( $\sigma$ 35)	$\bar{x}$ 173 ( $\sigma$ 40)	$\bar{x}$ 185 ( $\sigma$ 23)
/x/	$\bar{x}$ 121 ( $\sigma$ 38)	$\bar{x}$ 125 ( $\sigma$ 38)	$\bar{x}$ 140 ( $\sigma$ 40)
/f/	$\bar{x}$ 143 ( $\sigma$ 37)	$\bar{x}$ 146 ( $\sigma$ 31)	$\bar{x}$ 158 ( $\sigma$ 21)

**Tablica 2.** Značajnosti razlika u trajanju frikativa u izgovoru ispitanika uredne dentacije te govora pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze. Statistički značajne vrijednosti označene su masnim brojevima.

t-test (Trajanje)	ʒ	ʃ	z	s	x	f
Bez proteze - S protezom	0,558	0,682	0,496	0,255	0,441	0,587
Bez proteze - Uredna dentacija	<b>0,000</b>	<b>0,035</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,026</b>	<b>0,009</b>
S protezom - Uredna dentacija	<b>0,001</b>	0,067	<b>0,006</b>	<b>0,044</b>	0,079	<b>0,020</b>

### Težište spektra šuma

Pacijenti u izgovoru s dentalnom protezom bliži su izgovoru ispitanika uredne dentacije nego kada govore bez proteze (slika 3, tablica 3). To približavanje je najveće za glasove /f/ i /s/ za koje nije ustanovljena statistički značajna razlika između ispitanika uredne dentacije i govora s protezom. Iz te opće tendencije približavanja izgovoru ispitanika uredne dentacije kada se govori s protezom iskače glas /x/ kod kojeg nema statistički značajne razlike u ova tri uvjeta govora (tablica 4). To bi moglo ukazivati na činjenicu da je doprinos proteze poboljšanju izgovora frikativa veći za labijalne, dentalne i palatalne glasove a neznatan za velare. Kao i u mjerenju trajanja, rezultati analize težišta spektra šuma pokazuju veće približavanje eksperimentalne skupine ispitanicima uredne dentacije kod bezvučnih frikativa, što je također objašnjivo složenim aerodinamičnim i artikulacijskim uvjetima nužnima za proizvodnju zvučnih frikativa. Zbog slabog i raspršenog spektra šuma frikativa /f/, težište spektra šuma ponekad nije reprezentativan akustički znak za opis tog glasnika (vidi Bakran 1996; Kent i Read, 2002).

**Slika 3.** Težište spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne dentacije te govora pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.**Tablica 3.** Aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ) i standardne devijacije ( $\sigma$ ) težišta spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne dentacije te govora pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.

	Bez proteze	S protezom	Uredna dentacija
/ʒ/	$\bar{x}$ 1933 ( $\sigma$ 1373)	$\bar{x}$ 2579 ( $\sigma$ 1403)	$\bar{x}$ 3202 ( $\sigma$ 1262)
/ʃ/	$\bar{x}$ 2923 ( $\sigma$ 1158)	$\bar{x}$ 3818 ( $\sigma$ 1223)	$\bar{x}$ 3813 ( $\sigma$ 1003)
/z/	$\bar{x}$ 2572 ( $\sigma$ 2223)	$\bar{x}$ 3965 ( $\sigma$ 2046)	$\bar{x}$ 5959 ( $\sigma$ 2100)
/s/	$\bar{x}$ 5551 ( $\sigma$ 1664)	$\bar{x}$ 6814 ( $\sigma$ 1544)	$\bar{x}$ 7443 ( $\sigma$ 1616)
/x/	$\bar{x}$ 1680 ( $\sigma$ 1038)	$\bar{x}$ 1815 ( $\sigma$ 1062)	$\bar{x}$ 2189 ( $\sigma$ 1458)
/f/	$\bar{x}$ 2662 ( $\sigma$ 1581)	$\bar{x}$ 5168 ( $\sigma$ 2341)	$\bar{x}$ 6702 ( $\sigma$ 2505)

**Tablica 4.** Značajnosti razlika u težištu spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne dentacije te govora pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze. Statistički značajne vrijednosti označene su masnim brojevima.

t-test (Težište)	ʒ	ʃ	z	s	x	f
Bez proteze - S protezom	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,366	<b>0,000</b>
Bez proteze - Uredna dentacija	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,083	<b>0,000</b>
S protezom - Uredna dentacija	<b>0,025</b>	0,982	<b>0,000</b>	0,065	0,200	<b>0,005</b>

## Raspršenje spektra

Raspršenje spektra se nije pokazalo kao dobra mjera razlike u izgovoru u promatrana tri uvjeta (slika 4, tablica 5). Za glasove /z/, /ʒ/, /h/ i /f/ ne postoji statistički značajna razlika između ispitanika uredne denticije i govora pacijenata s protezom, a za glasove /ʒ/ i /x/ između ispitanika uredne denticije i govora pacijenata bez proteze. Glas /x/ se opet izdvaja kao glas kod kojeg nema statistički značajnih razlika u sva tri uvjeta izgovora (tablica 6). Međutim ipak se može zaključiti s obzirom na broj glasova koji se po stupnju raspršenja spektra u izgovoru govornika s protezom približavaju izgovoru ispitanika uredne denticije da proteza i u ovom slučaju djeluje na poboljšanje izgovora. Relativno veliko raspršenje šuma te nepostojanje razlike između tri skupine podataka može se objasniti inherentnom karakteristikom frikativnih glasnika. Međutim, ova tvrdnja za sada ostaje samo na razini pretpostavke, jer normativni podaci dobiveni ovakvom metodom za hrvatski još uvijek ne postoje, što ukazuje na potrebu za daljnjim istraživanjima ovog problema.

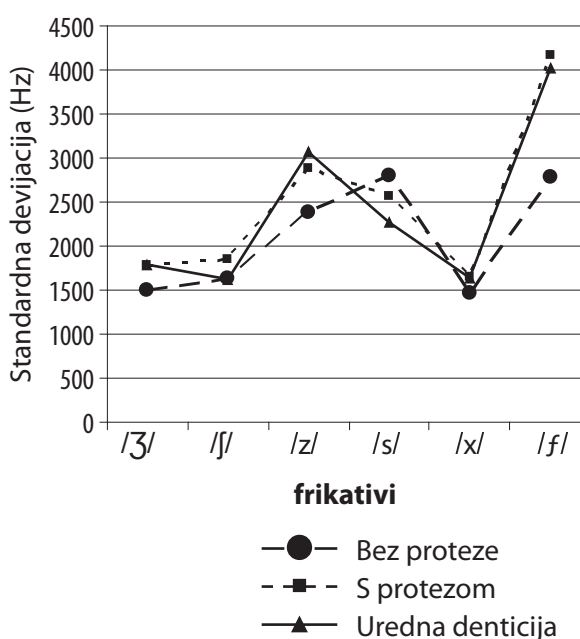
## Nagib spektra

I po nagibu spektra frikativa govor s protezom se približava govoru ispitanika uredne denticije s time što je to približavanje veće za bezvučne nego za zvučne frikative (slika 5, tablica 7). Opet se izdvaja glas /x/ za koji nema statistički značajnih razlika između pojedinih uvjeta izgovora (tablica 8). Veći nagib spektra prema nižim frekvencijama kod /s/ i /z/, razumljiv je, jer ti frikativi imaju vrlo visoko težište, pa većina ostale energije u spektru i može biti samo ispod takvog visokog težišta. S druge strane, frikativi koji imaju relativno nisko težište imaju nagib spektra prema višim frekvencijama. Ispitanici uredne denticije imaju nagibe spektra za sve frikative bliže nuli, što znači da im je raspored energije oko težišta uravnoteženiji nego kod obje eksperimentalne skupine.

## Istaknutost najjače amplitude

Nositelji proteze kad govore s protezom bliži su izgovoru ispitanika uredne denticije nego kad govore bez proteze tako da statistički značajna razlika ostaje samo za glasnik /ʒ/ (slika 6, tablica 9). Nema statistički značajne razlike u tri uvjeta izgovora za glasove /s/ i /h/ pa je iznenađujuće da

## Raspršenje spektra šuma



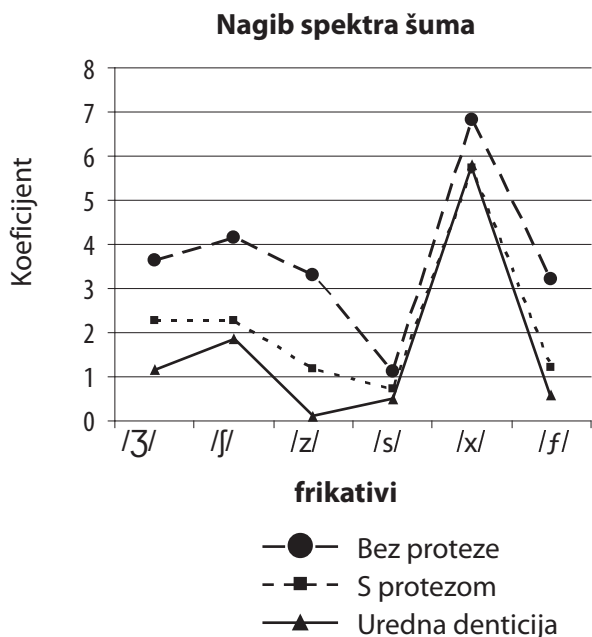
Slika 4. Raspršenje spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.

Tablica 5. Aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ) i standardne devijacije ( $\sigma$ ) raspršenja spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.

	Bez proteze	S protezom	Uredna denticija
/ʒ/	$\bar{x}$ 1506 ( $\sigma$ 730)	$\bar{x}$ 1782 ( $\sigma$ 730)	$\bar{x}$ 1782 ( $\sigma$ 449)
/ʃ/	$\bar{x}$ 1629 ( $\sigma$ 607)	$\bar{x}$ 1844 ( $\sigma$ 592)	$\bar{x}$ 1624 ( $\sigma$ 479)
/z/	$\bar{x}$ 2379 ( $\sigma$ 1235)	$\bar{x}$ 2884 ( $\sigma$ 946)	$\bar{x}$ 3069 ( $\sigma$ 934)
/s/	$\bar{x}$ 2796 ( $\sigma$ 754)	$\bar{x}$ 2573 ( $\sigma$ 734)	$\bar{x}$ 2261 ( $\sigma$ 554)
/x/	$\bar{x}$ 1461 ( $\sigma$ 879)	$\bar{x}$ 1651 ( $\sigma$ 941)	$\bar{x}$ 1640 ( $\sigma$ 851)
/f/	$\bar{x}$ 2790 ( $\sigma$ 1128)	$\bar{x}$ 4172 ( $\sigma$ 1168)	$\bar{x}$ 4018 ( $\sigma$ 1035)

Tablica 6. Značajnosti razlika u raspršenju spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze. Statistički značajne vrijednosti označene su masnim brojevima.

t-test (Raspršenje)	ʒ	ʃ	z	s	x	f
Bez proteze - S protezom	<b>0,008</b>	<b>0,012</b>	<b>0,001</b>	<b>0,036</b>	0,144	<b>0,000</b>
Bez proteze - Uredna denticija	<b>0,014</b>	0,968	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>	0,323	<b>0,000</b>
S protezom - Uredna denticija	0,995	<b>0,042</b>	0,349	<b>0,015</b>	0,951	0,489



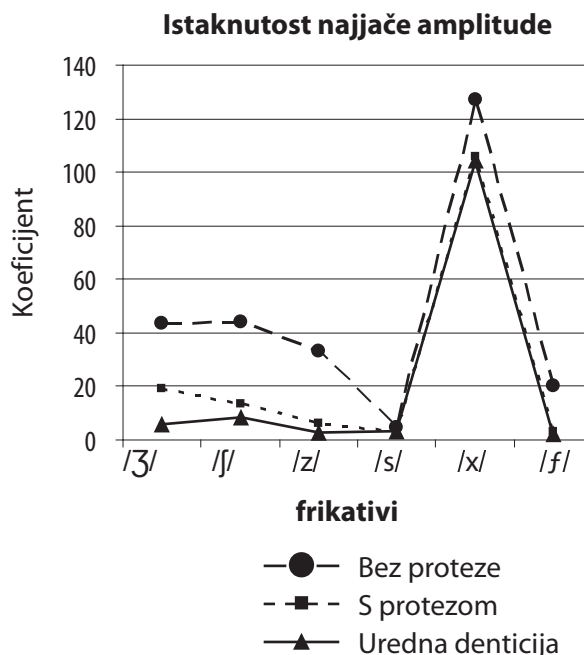
Slika 5. Nagib spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanici uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.

Tablica 7. Aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ) i standardne devijacije ( $\sigma$ ) nagiba spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.

	Bez proteze	S protezom	Uredna denticija
/ʒ/	$\bar{x}$ 3,6 ( $\sigma$ 2,8)	$\bar{x}$ 2,3 ( $\sigma$ 2,8)	$\bar{x}$ 1,1 ( $\sigma$ 1,1)
/ʃ/	$\bar{x}$ 4,2 ( $\sigma$ 3,4)	$\bar{x}$ 2,3 ( $\sigma$ 2,2)	$\bar{x}$ 1,8 ( $\sigma$ 1,3)
/z/	$\bar{x}$ 3,3 ( $\sigma$ 3,6)	$\bar{x}$ 1,2 ( $\sigma$ 1,9)	$\bar{x}$ 0,1 ( $\sigma$ 1,4)
/s/	$\bar{x}$ 1,1 ( $\sigma$ 1,3)	$\bar{x}$ 0,7 ( $\sigma$ 1,2)	$\bar{x}$ 0,5 ( $\sigma$ 0,9)
/x/	$\bar{x}$ 6,8 ( $\sigma$ 5,9)	$\bar{x}$ 5,7 ( $\sigma$ 5,9)	$\bar{x}$ 5,8 ( $\sigma$ 6,5)
/f/	$\bar{x}$ 3,2 ( $\sigma$ 2,4)	$\bar{x}$ 1,2 ( $\sigma$ 1,4)	$\bar{x}$ 0,6 ( $\sigma$ 1,5)

Tablica 8. Značajnosti razlika u nagibu spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze. Statistički značajne vrijednosti označene su masnim brojevima.

t-test (Nagib)	ʒ	ʃ	z	s	x	f
Bez proteze - S protezom	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,027</b>	0,207	<b>0,000</b>
Bez proteze - Uredna denticija	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,005</b>	0,442	<b>0,000</b>
S protezom - Uredna denticija	<b>0,000</b>	0,177	<b>0,001</b>	0,282	0,975	0,052



Slika 6. Istaknutost najjače amplitude frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.

Tablica 9. Aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ) i standardne devijacije ( $\sigma$ ) istaknutosti najjače amplitude spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.

	Bez proteze	S protezom	Uredna denticija
/ʒ/	$\bar{x}$ 43 ( $\sigma$ 91)	$\bar{x}$ 19 ( $\sigma$ 42)	$\bar{x}$ 5 ( $\sigma$ 6)
/ʃ/	$\bar{x}$ 44 ( $\sigma$ 89)	$\bar{x}$ 13 ( $\sigma$ 27)	$\bar{x}$ 9 ( $\sigma$ 9)
/z/	$\bar{x}$ 33 ( $\sigma$ 86)	$\bar{x}$ 6 ( $\sigma$ 13)	$\bar{x}$ 3 ( $\sigma$ 11)
/s/	$\bar{x}$ 5 ( $\sigma$ 12)	$\bar{x}$ 3 ( $\sigma$ 6)	$\bar{x}$ 3 ( $\sigma$ 3)
/x/	$\bar{x}$ 126 ( $\sigma$ 238)	$\bar{x}$ 106 ( $\sigma$ 246)	$\bar{x}$ 104 ( $\sigma$ 260)
/f/	$\bar{x}$ 21 ( $\sigma$ 37)	$\bar{x}$ 3 ( $\sigma$ 9)	$\bar{x}$ 2 ( $\sigma$ 8)

Tablica 10. Značajnosti razlika u istaknutosti najjače amplitude frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze. Statistički značajne vrijednosti označene su masnim brojevima.

t-test (Istaknutost)	ʒ	ʃ	z	s	x	f
Bez proteze - S protezom	<b>0,017</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	0,245	0,538	<b>0,000</b>
Bez proteze - Uredna denticija	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	0,154	0,668	<b>0,000</b>
S protezom - Uredna denticija	<b>0,003</b>	0,137	0,134	0,723	0,974	0,521

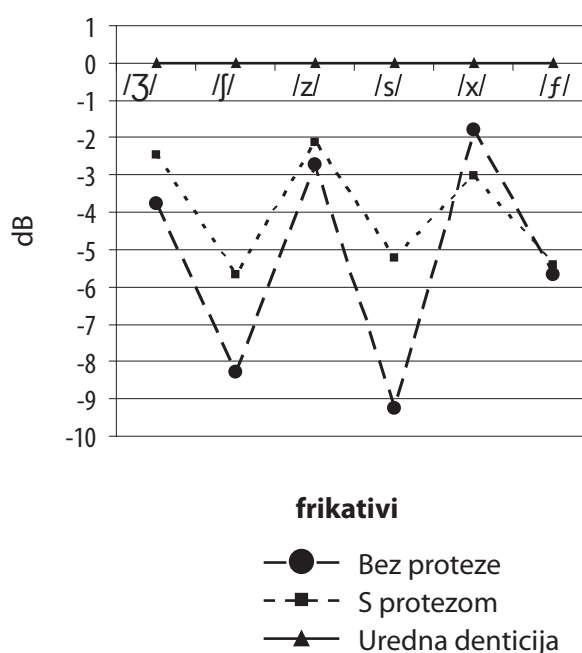
se tu našao suglasnik /s/ za koji bismo očekivali da će se njegov izgovor bez proteze značajnije udaljiti od ispitanika uredne denticije (tablica 10). Najmanja istaknutost glavnih amplituda kod ispitanika uredne denticije neočekivan je rezultat. Moguće objašnjenje treba tražiti u svjetlu rezultata relativnih odnosa intenziteta kod tri skupine ispitanika (slika 7, tablica 11). Naime, ispitanici uredne denticije izgovaraju frikative najvećim prosječnim intenzitetom, pa im je tako i cijeli spektar vrlo jak. S druge strane obje eksperimentalne skupine izgovaraju istraživane frikative statistički značajno slabijim intenzitetom (tablica 12), pa oko spektralnih vrhova imaju manje energije, što vrhove čini istaknutijima. Međutim, ovo je objašnjenje spekulativno, problem prikladnosti ove mjere za analizu razlika među frikativima zahtijeva daljnja akustička istraživanja.

### Intenzitet šuma

Iako postoji statistički značajna razlika u intenzitetu šuma frikativa između nositelja proteze bilo da govore s protezom ili bez nje u odnosu na ispitanika uredne denticije ta je razlika manja kada govore s protezom za sve promatrane frikative osim za glas /x/ (slika 7, tablica 11). Ako se usporedi izgovor s protezom i bez proteze statistički značajna razlika je dobivene za glasove /s/ i /ʃ/, ali ne i za ostale promatrane frikative (tablica 12).

Rezultati ovog rada slažu se s rezultatima istraživanja koji govore da prirodne (zubi, usne i dr.) i umjetne (zubi i tkiva nadomještene protezama) strukture u usnoj šupljini znatno utječu na tvorbu glasova (Guyton i Hall, 2003; Palmer, 1974). Može se postaviti pitanje koliko uspješno govorna proteza pomaže govorniku u uspostavljanju dobrog izgovora. Neka su istraživanja pokazala da se govor s govornom protezom ipak razlikuje od govora ispitanika uredne denticije. Severinac (2005) je utvrdio da nošenje potpune gornje proteze utječe na frekvencijske karakteristike dentalnih i palatalnih glasova ali ne i na njihov intenzitet. Do sličnih je rezultata o utjecaju proteze na frekvencijske karakteristike glasova došao i Pecanov (1998) koristeći spektrografsku analizu uključujući i formantne vrijednosti samoglasnika. Što se tiče intenziteta ti se rezultati ne

### Relativni intenzitet u odnosu na zdrave



Slika 7. Intenzitet šuma frikativa u izgovoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze prikazan relativno u odnosu na ispitanike uredne denticije.

Tablica 11. Aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ) i standardne devijacije ( $\sigma$ ) intenziteta spektra šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze.

	Bez proteze	S protezom	Uredna denticija
/ʃ/	$\bar{x}$ 62 ( $\sigma$ 6)	$\bar{x}$ 63 ( $\sigma$ 6)	$\bar{x}$ 65 ( $\sigma$ 4)
/ʃ/	$\bar{x}$ 57 ( $\sigma$ 6)	$\bar{x}$ 60 ( $\sigma$ 6)	$\bar{x}$ 65 ( $\sigma$ 4)
/z/	$\bar{x}$ 61 ( $\sigma$ 7)	$\bar{x}$ 62 (5)	$\bar{x}$ 64 ( $\sigma$ 5)
/s/	$\bar{x}$ 55 ( $\sigma$ 6)	$\bar{x}$ 59 ( $\sigma$ 5)	$\bar{x}$ 64 ( $\sigma$ 6)
/x/	$\bar{x}$ 54 ( $\sigma$ 7)	$\bar{x}$ 53 ( $\sigma$ 7)	$\bar{x}$ 56 ( $\sigma$ 6)
/f/	$\bar{x}$ 47 ( $\sigma$ 7)	$\bar{x}$ 48 ( $\sigma$ 6)	$\bar{x}$ 53 ( $\sigma$ 5)

Tablica 12. Značajnosti razlika u intenzitetu šuma frikativa u izgovoru ispitanika uredne denticije te govoru pacijenata s dentalnom protezom i bez proteze. Statistički značajne vrijednosti označene su masnim brojevima.

t-test (Raspršenje)	ʃ	ʃ	z	s	x	f
Bez proteze - S protezom	0,137	<b>0,002</b>	0,515	<b>0,000</b>	0,214	0,779
Bez proteze - Uredna denticija	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,020</b>	<b>0,000</b>	0,148	<b>0,000</b>
S protezom - Uredna denticija	<b>0,020</b>	<b>0,000</b>	<b>0,060</b>	<b>0,000</b>	<b>0,019</b>	<b>0,000</b>



slažu s rezultatima Hunski i suradnika (2010) gdje se pokazalo da proteza pridonosi povećanju intenziteta promatranih glasova. Kanayama i Mizokami (1993) su ustanovili da previše lingvalno postavljeni zubi na protezi negativno utječu na izgovor velarnog glasa /k/. Scarsellone i suradnici (1999) su utvrdili da se kod engleskih govornika koji nose gornje potpune proteze povećava stupanj nazalnosti u govor. Jindra i suradnici (2002) istraživali su govorne parametre suglasnika na uzorku 10 pacijenata u dobi 58-81 godine, koji su opskrbljeni zubnim protezama. Za sve pacijente karakteristični su povišene frekvencije kad ne nose proteze. Ereš (2002) je utvrdila da je znatno bolji izgovor glasa /s/ u ispitanika uredne denticije s prirodnom trajnom denticijom nego u nosilaca gornje potpune proteze. Hunski i suradnici (2010) su usporedili izgovor pacijenata koji nose gornju potpunu i donju potpunu ili djelomičnu protezu tako da su ispitanici govorili s protezom ili bez proteze. Istraživanje je pokazalo da proteza statistički značajno doprinosi poboljšanju izgovora promatranih glasova osobito frikativa i afrikata uspostavljanjem njihovih karakterističnih frekvencija, većim intenzitetom glasova. Mjerenjem vrijednosti formanta vokala uočava se tendencija da prednji vokali /i/ i /e/ u izgovoru s protezom postaju još prednjiji a stražnji vokali /o/ i /u/ zatvoreniji nego u izgovoru bez proteze. U tom su radu mjerena i trajanja konsonanata i vokala te se pokazalo da u izgovoru s protezom konsonanti pokazuju tendenciju duljenja a vokali se statistički značajno skraćuju u odnosu na izgovor bez proteze. Ti rezultati pokazuju da izgovor s protezom u odnosu na izgovor bez proteze postaje konsonantskiji što doprinosi i većoj razabirljivosti govora s protezom.

Ovaj rad indirektno otvara i pitanje uspješnosti rehabilitacije pacijenata s anomalijama zuba. U okviru stomatoloških disciplina, govor pacijenata može se evaluirati u pacijenata s anomalijama zubi i dentalne okluzije, kao i tijekom liječenja ortodontskim aparatima. Uspjeh terapije dentalnim protezama ovisi o brojnim varijablama, kao i psihološkom aspektu odnosa pacijenta prema tjelesnom nedostatku (gubitku zubi) i nošenju stranog tijela (proteze) u ustima. Govor i rehabilitacija narušene govorne funkcije u pacijenata s

bezubošću jedan je od važnih elemenata u postizanju potpunog uspjeha protetske terapije (McCord i sur., 1994). Rodrigues Garcia i suradnici (2003) promatrali su utjecaj nove dentalne proteze na međuokluzijski razmak u izgovor glasova /m/ i /s/ u portugalskom jeziku prije korištenja proteze i u nekoliko vremenskih točaka od časa nakon ugradnje proteze do godine dana nakon toga. Ustanovili su da se nakon korekcije i ugradnje nove proteze interokluzijski razmak u izgovoru promatranih glasova mijenja.

Na kraju, rezultati ovog rada doprinose raspravi o važnosti kvalitetne izrade zubnih proteza, posebno za izgovor sibilanata. Naime, u izradi zubnih proteza najviše se pozornosti treba obratiti na postavu anteriornih zubi i utjecaju proteze na bilabijane, labiodentalne, alveolarne konsonante, kao i sibilante. (Wisser i Lotzmann, 2000; Runte i sur., 2002; Kaán i sur., 1993). Avramopou i suradnici (2012) ističu da u individualnom pristupu u planiranju djelomičnih proteza ističe nužnost suradnje stomatologa i zubnog tehničara, pri čemu stomatolog treba planirati elemente proteze (najčešće anteriorna nepčana ploča, podjezični luk, Roachove kvačice). Svakako da pogreške u izradi proteza treba uvidjeti tijekom pojedinih faza izradbe proteza, a naknadna kontrola treba otkriti uzroke neuspjeha u nošenju proteza, pri čemu je jedna od solucija i ponavljanje protetskog rada (McCord i Grant, 2000).

## ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata ovog rada moguće je sažeti tri najvažnija zaključka: 1) Od 6 promatranih akustičkih varijabli, u njih 5 izgovor nositelja proteze kad govore s protezom bliži je izgovoru ispitanika uredne denticije nego kad govore bez proteze. Dakle proteza ima pozitivan utjecaj na akustičke parametre a time i na razabirljivost govora pacijenata s dentalnom protezom; 2) Pretpostavlja se da je razlog tome oslabljena mogućnost kompenzacijskih mehanizama u uvjetima govora bez zubne proteze s jedne strane i s druge strane činjenica da govorna proteza uspostavlja anatomske odnose u usnoj šupljini koji se u velikoj mjeri približavaju prirodnim odnosima u osoba uredne denticije; 3) Koliko god proteza pomaže približavanju izgovora bezubih pacijenata tipičnom govoru, govornici

s protezom ne postižu potpuno prirodan izgovor jer proteza ipak predstavlja strano tijelo u ustima pacijenta i svojim volumenom mijenaja i prostorne odnose u usnoj šupljini tako da kompenzacijski i adaptacijski mehanizmi motoričke kontrole tek djelomično uspostavljaju uvjete prirodnog govora.

Pri generalizaciji ovih rezultata treba imati na umu da su rezultati akustičke analize dobiveni na temelju analize beznačenjskih riječi te da su dodatne analize nužne prije sigurnog uopćavanja rezultata.

## **ZAHVALA**

Istraživanje je sastavni dio projekta Proizvodnja i percepcija govora, koji podupire Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske. Zahvaljujemo anonimnim recenzentima na konstruktivnim prijedlozima, koji su ovaj rad učinili boljim. Također, zahvaljujemo svim ispitanicima, koji su dobrovoljno sudjelovali u provođenju eksperimenta.

## REFERENCIJE

- Avrampou, M., Kamposiora, P., Papavasiliou, G., Pissiotis, A., Katsoulis, J., Doukoudakis, A. (2012): Design of removable partial dentures: a survey of dental laboratories in Greece, *Int J Prosthodont.* 25(1), 66-69
- Badel, T., Laškarin, M., Cared, V., Lajnert V. (2008): Govor bolesnika s mobilnim zubnim protezama, *Medicina*, 44, 3-4, 241-247.
- Bakran, J. (1996): Zvučna slika hrvatskoga govora. Zagreb: Ibis grafika.
- Boersma, P., Weenink, D. (2011): Praat: doing phonetics by computer. Posjećeno u rujnu 2011. <http://www.praat.org/>
- Browman, C.P., Goldstein, I. (1990): Gestural specification using dynamically defined articulatory structures, *Journal of Phonetics*, 18, 299-320.
- Eckstein, D.A., Wu, R.L., Akinbiyi, T., Silver, L., Taub, P.J. (2011): Measuring quality of life in cleft lip and palate patients: currently available patient-reported outcomes measures, *Plast Reconstr Surg.* 128(5), 518e-526e.
- Ereš, I. (2002): Povezanost pravilnog izgovora s retencijom, dimenzijom i dužinom nošenja gornje totalne proteze. Magistarski rad. Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Farnetani, E., Recasens, D. (1999): Coarticulation models in recent speech production theories. In: Hardcastle, W.J., Hewlett, N. (Eds.), *Coarticulation: Theory, data and Techniques* (pp. 80-104). Cambridge: CUP.
- Fowler, C.A., Saltzman, E. (1993): Coordination and coarticulation in speech production, *Language and Speech*, 36, 171-195.
- Fuchs, S. (2005): Articulatory correlates of the voicing contrast in alveolar obstruent production in German. Doctoral dissertation. Edinburgh: Queen Margaret University College.
- Fuchs, S., Koenig, L.L. (2009): Simultaneous measures of electropalatography and intraoral pressure in selected voiceless lingual consonants and consonant sequences of German, *Journal of the Acoustical Society of America* 126 (4), 1988–2001.
- Guyton, A.C., Hall, J.E. (2003): *Medicinska fiziologija*. Zagreb: Medicinska naklada.
- Horga, D. (1996). *Obrada fonetskih obavijesti*. Zagreb: HFD.
- Hughes, O., Abbs, J.H. (1976): Labial-mandibular coordination in the production of speech: Implications for the operation of motor equivalence, *Phonetica*, 44, 199-221.
- Hunski, M. (1994): Akustička analiza govornog statusa ispitanika s ortodontskim anomalijama, *Acta stomatol Croat*, 28, 261-270.
- Hunski, M., Horga, D. (2002): Utjecaj ortodontske terapije na izgovor, *Govor*, 19, 2, 97-114.
- Hunski, M., Carek, V., Badel, T., Ivičević-Desnica, J. (2010): Utjecaj totalne dentalne proteze na izgovor. U Mildner, V., Liker, M. (ur.): *Proizvodnja i percepcija govora* (str. 35-48). Zagreb: FF press.
- Ivičević-Desnica, J., Hunski, M., Horga, D. (2003): Izgovorni i ortodontski poremećaji u predškolskoj dobi, *Govor XX*, 1-2, 147-155.
- Jindra, P., Eber, M., Pešák, J. (2002): The spectral analysis of syllables in patients using dentures. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky, Olomouc Czech Repub*; 146(2), 91-94.
- Jones, M.J., Nolan, F. (2007): An acoustic study of North Welsh voiceless fricatives. *Proceedings of the ICPhS 16 in Saarbruecken*, 873-876.
- Jones, M.J., McDougall, K. (2009): The acoustic character of fricated /t/ in Australian English: A comparison with /s/ and /S/, *Journal of the International Phonetic Association*, 39 (3), 265-289.
- Kaán, M., Bolla, K., Keszler, B. (1993): Speech characteristics of persons wearing full upper and lower prostheses, *Fogorv Sz.* 86(2), 45-53. [in Hungarian].

- Kanayama, N., Mizokami, T.A. (1993): A study of the influence of arrangement of upper posterior artificial teeth on pronunciation of Japanese sounds articulated on the posterior palate, *Bull Tokyo Dent Coll*, 34, 69-77.
- Kent, K., Schaaf, G. (1982): The effects of dental abnormalities on speech production, *Quintessence Int.* 12, 1353-1361.
- Kent, R. D. i Read, C. (2002): *The Acoustic Analysis of Speech*, Singular, 160-168.
- Laine, T. (1985): Articulatory disorders in speech as related to the position of the incisors, *Eur J Orthod*, 14, 302-309.
- Laine, T. (1992): Malocclusion traits and articulatory components of speech, *Eur J Orthod*, 7, 260-266.
- Laver, J. (1994): *Principles of Phonetics*. Cambridge: CUP.
- Li, F., Edwards, J., Beckman, M.E. (2009): Contrast and covert contrast: The phonetic development of voiceless sibilant fricatives in English and Japanese toddlers, *Journal of Phonetics*, 37, 111-124.
- Lindblom, B., Lubker, J., Gay, T. (1979): Formant frequency of some fixed-mandible vowel and a model of speech motor programming by productive simulation, *Journal of Phonetics*, 7, 147-161.
- Manuel, S. (1999): Cross-language studies: relating language-particular coarticulation patterns to other language-particular facts. U Hardcastle W.J., Hewlett, N. (ur.): *Coarticulation: Theory, data and Techniques* (str. 179-198). Cambridge: CUP.
- McCord, J.F., Firestone, H.J., Grant, A.A. (1994): Phonetic determinants of tooth placement in complete dentures, *Quintessence Int.* 25(5), 341-345.
- McCord, J.F., Grant, A.A. (2000): Identification of complete denture problems: a summary, *Brit Dent J.* 189(3), 128-34.
- Mehnert, T., Schonekerl, H., Weiskopf, J. (1983): Klinisch experimentelle Untersuchungen über den Einfluss einiger Dysgnathien auf die S-Laut-Articulation, *Stomal. DDR*, 33, 313-318.
- Ohala, J.J., Sole, M.J. (2010): Turbulence and phonology. U Fuchs, S., Toda, M., Zygis, M. (ur.): *Turbulent Sounds: An Interdisciplinary Guide* (str. 37-102). Berlin/New York: De Gruyter Mouton.
- Palmer, J.M. (1974): Analysis of speech in prosthodontic practice, *J Prosthet Dent.* 31(6), 605-14.
- Pecanov, A. (1998): Spektrographische Analyse des Einflusses von Oberkiefer-Zahnersatz auf die Lautbildung, *Dtsch Zahnarzt Z.*, 53, 810-815.
- Perkell, J.S. (1999): Articulatory processes. U Hardcastle, W.J., Laver, J. (ur.): *The Handbook of Phonetic Sciences* (str. 333-370). Oxford-Malden, USA: Blackwell Publishers.
- Recasens, D. (1999): Lingual coarticulation. U Hardcastle, W.J., Hewlett, N. (ur.): *Coarticulation: Theory, data and Techniques* (str. 31-68). Cambridge: CUP.
- Rodrigues Garcia, R.C., Oliveira, V.M. i Del Bel Cury, A.A. (2003): Effect of new dentures on interocclusal distance during speech, *Int J Prosthodont.* 16(5), 533-7.
- Roumanas E.D. (2009): The social solution-denture esthetics, phonetics, and function, *Journal of Prosthodontics*, 18, 112-115.
- Runte, C., Tawana, D., Dirksen, D., Runte, B., Lamprecht-Dinnesen, A., Bollmann F., Seiferti E., Danesh G. (2002): Spectral analysis of /s/ sound with changing angulation of the maxillary central incisor, *Int J Prosthodont.* 15(3), 254-8.
- Scarsellone, J.M., Rochet, A.P., Wolfaardt, J.F. (1999): The influence of dentures on nasalance values in speech, *Cleft Palate Craniofac Journal*, 36, 51-56.
- Severinac, I. (2005): Utjecaj mobilnih protetskih radova na govornu funkciju. Magistarski rad. Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Smith, B., Guyette, T.W. (2004): Evaluation of cleft palate speech, *Clin Plast Surg.* 31(2), 251-60.
- Speirs, R. (1990): Tongue skills and clearance of toffee in two age groups and in children with problems of speech articulation, *J Dent Child*, 5, 356-360.

- Vranić, Đ., Hunski, M. (1993): Prilog izučavanju artikulacijskih poremećaja kod djece rane školske dobi. Zbornik radova Multidisciplinarni pristop v logopediji (str.105-109), 13.5.-15.5.1993. Portorož.
- Vranić, Đ., Ivičević-Desnica, J., Hunski, M., Šikić, N., (1993): Mogući etiološki faktori u nastanku artikulacijskog poremećaja. Strokovno srečanje logopedov Slovenije (str. 11-14), 18.4.-19.4.1991. Gozd Martuljak.
- Wisser, W., Lotzmann, U. (2000): Zur instrumentalphonetischen Analyse der Lautbildung an Zahnersatz, ZWR, 10(109), 538–543.

## THE INFLUENCE OF DENTAL PROSTHESES ON THE PRODUCTION OF FRICATIVES

**Abstract:** *The loss of teeth and the wearing of dental prostheses create changes in the anatomical features of the vocal tract. Changes in the vocal tract produce changes in speakers' habitual articulatory programmes in order to produce intelligible speech. The articulatory equivalence principle enables speakers to produce acoustically relatively acceptable speech. However, differences in speech production between patients with dental prostheses and healthy speakers can still be observed, especially in aerodynamically demanding sounds, such as fricatives. In the present investigation we analyse the production of fricatives in speakers with dental prostheses (N=33) and compare their production with eugnathic controls matched in age (N=10). The speech of 33 dental-prostheses-wearing patients was also analysed with and without prosthesis in situ. The productions of six Croatian fricatives were analysed: /ʒ, ʃ, z, s, f, x/. The speech material consisted of 18 VCV meaningless sequences (V represented /i/, /a/, /u/, while C represented one of the six fricatives). Six acoustic variables were measured: 1. fricative duration, 2. centre of gravity of the noise spectrum, 3. standard deviation of the centre of gravity, 4. skewness, 5. kurtosis and 6. fricative noise intensity. The speech material was recorded in the standard phonetic laboratory conditions in a sound treated room. The acoustic analysis was performed by means of the Praat programme and MS Excel was used for statistical analyses. The results showed that the acoustic characteristics of the sounds produced with the prostheses were closer to the acoustic characteristics of the controls compared to the characteristics of sounds produced without prostheses.*

**Key words:** *dental prosthesis, fricatives, acoustic analysis, Croatian.*