
UDK 534.78:81'342.1
81'342.1:612.7
81'342.2:534.78
Izvorni znanstveni rad

Damir Horga i Marko Liker
Filozofski fakultet, Zagreb
Hrvatska

UTJECAJ LEKSIČKE GRANICE NA IZGOVOR GLASNIKA U ARTIKULACIJSKOM ZGLOBU PROMATRAN ELEKTROPALATOGRAFSKI

SAŽETAK

Razumijevanje mehanizama govorne proizvodnje traži odgovor na pitanje o odnosu između reprezentacijske, mentalne razine i realizacijske, fizičke razine govora. Pretpostavlja se da se apstraktne, diskretne i invarijantne jedinice jezične razine realiziraju kao kontinuirani, promjenljivi i prepokrivajući pokreti govornih organa i akustičkih uzoraka. U radu se razmatra utjecaj viših konceptualno-lingvističkih razina na izgovornu realizaciju, i to na primjeru utjecaja mjesta leksičke granice na realizaciju glasnika u fonetskom zglobu. Naime, postavilo se pitanje kako se ostvaruje suglasnik u dva jednaka fonetska odsječka VKV ako se leksička granica nalazi ispred (V#KV) ili iza (VK#V) suglasnika. Odgovor je tražen elektropalatografski tako da su promatrani suglasnici /t/ i /k/ u navedenim položajima u po pet rečenica, koje je jedan izvorni govornik hrvatskog izgovorio svaku po deset puta. Tražena je razlika u sljedećim elektropalatografskim koeficijentima: trajanju, nadzubnom i mekonepčanom dodiru, težištu i težini dodira. Rezultati su pokazali da različit položaj leksičke granice u artikulacijskom zglobu različito utječe na izgovor promatranih suglasnika.

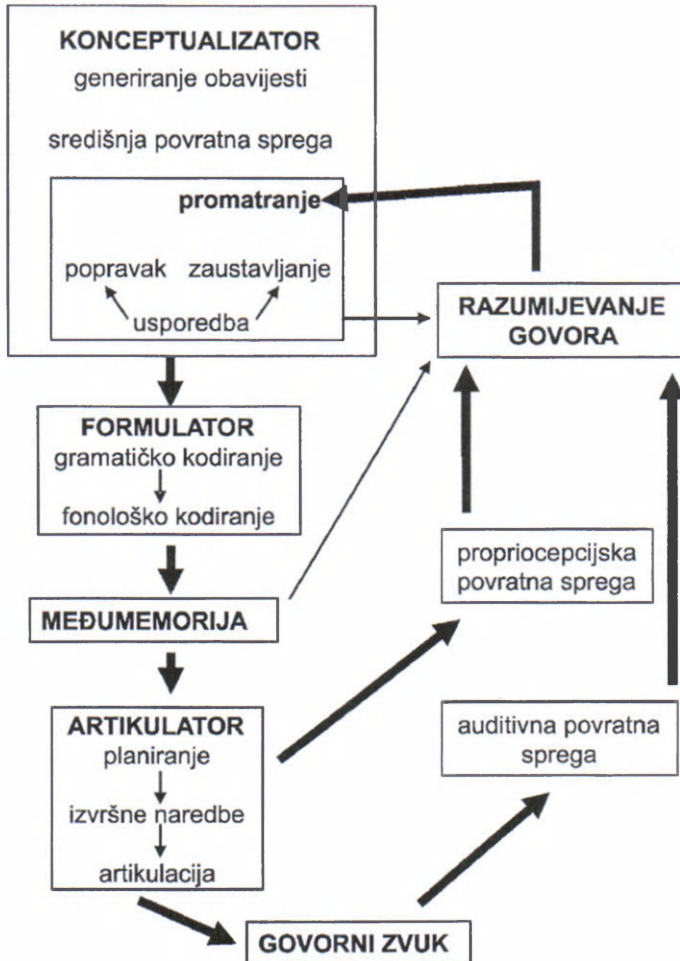
Ključne riječi: leksička granica, artikulacijski zglob, elektropalatografija, govorna proizvodnja, suglasnici

UVOD

Mehanizmi govorne proizvodnje jedno su od važnih područja fonetskih istraživanja. Oni se nužno mogu promatrati s dva stajališta: sa stajališta fizioloških, fizičkih i mehaničkih karakteristika govornog aparata te sa stajališta njihove povezanosti s višim, jezičnim i konceptualnim razinama oblikovanja obavijesti. Zato je jedno od temeljnih pitanja govorne proizvodnje pitanje o tome koje lingvističke strukture i kako utječu na funkcioniranje nižih razina govorne realizacije.

Govorna se proizvodnja obično prikazuje kao proces koji je hijerarhijski organiziran na nekoliko razina kroz koje prolazi govorna obavijest do konačnog oblika u zvučnom govornom signalu. U proizvodnji govora govornik se može promatrati kao obavijesni procesor koji oblikuje i prenosi slušatelju različite obavijesti (ideje, namjere, stavove, osjećaje, sjećanja i sl.). Njegova je namjera da ga slušatelj razumije te očekuje njegovu govornu ili djelatnu reakciju. Govorni se procesor može razložiti na nekoliko podsustava koji obavljaju različite funkcije. Za djelotvornost procesora kao cjeline važan je rad svakog pojedinačnog podsustava, ali i njihova međusobna usklađenost.

Između različitih modela govorne proizvodnje općenito je prihvaćen Leveltov model u različitim modifikacijama (Levelt, 1989; Horga, 1997; Hartsuiker i sur., 2001), koji proizvodnju govora promatra kao hijerarhijski organiziranu djelatnost nekoliko međusobno povezanih razina. U tom se procesu obavijest preoblikuje prelazeći s jedne razine na drugu (sl. 1). Govorna proizvodnja počinje generiranjem obavijesti koju govornik želi prenijeti sugovorniku, što je zadatak konceptualizatora. Zatim se obavijest lingvistički kodira, a to je zadaća formulatora. Formulator obavlja dva osnovna načina kodiranja: gramatičko i fonološko. Gramatičkim se kodiranjem leksičke jedinice prizivaju iz memorije, a ujedno se uključuju sintaktička pravila njihova povezivanja, dok se fonološkim kodiranjem ostvaruju razlikovne jedinice. Izlaz iz formulatora predstavlja ulazne obavijesti za sljedeću razinu govorne proizvodnje, za artikulaturu čija je zadaća preoblikovati lingvistički definiranu obavijest u motoričke procese kojima će se proizvesti govorni zvuk. Između formulatora i artikulaturu uključuje se mehanizam međumemorije koja pak čuva iz memorije prizvane elemente do trenutka njihove neposredne govorne realizacije. Artikulator uključuje dvije faze: fazu izbora, kojom se generira novi motorički program, tj. niz uputa za ostvarenje govornih motoričkih procesa te fazu naredbi za uključivanje i provedbu motoričkog programa. Stvarna realizacija govora počinje u času aktiviranja motoričkih naredbi. Navedeni mehanizmi govorne proizvodnje imaju različite oblike povratnih spreiga kojima se kontrolira njezin rezultat: središnje povratne sprege – na razini središnjeg živčanog sustava, unutarnje – proprioceptijske te vanjske – auditivne.



Slika 1.
Figure 1.

Model govorne proizvodnje prema Hartsuikeru i sur., 2001.
Speech production model after Hartsuiker et al. 2001

Prema tomu bi se morfološke jedinice, a to znači i granice među njima, trebale zabilježiti i na fonetskoj razini u artikulacijskoj i akustičkoj realizaciji govora. Međutim, s druge strane postoji stajalište da se morfološka razgraničenja jedinica u svojoj realizaciji na fonetskoj razini gube. Dakle, fonološki izlaz ne sadržava informacije o morfološkim razgraničenjima jedinica i one se ostvaruju automatizmima univerzalnih fonetskih pravila. Dakle, unutar fonetske riječi izgubile bi se informacije morfološkog kodiranja jer se na razini fonološkog modula prelazi na silabifikaciju upravljaju fonetskim pravilima te se u njoj brišu morfološke granice, a taj se proces nastavlja također na razini fonetskog kodiranja i realizacije izgovornih gesta.

Iz ove koncepcije moguće je zaključiti da se na jezičnoj razini jezične jedinice organiziraju na jedan način i da ta organizacija nije jednoznačno i neposredno čitljiva iz govorne realizacije. Ipak, uspješnost slušatelja u otkrivanju jezične i još bitnije konceptualne obavijesti iz zvučnoga govornog signala tako je velika da treba pretpostaviti da u govornom signalu postoji dovoljno migova koji osiguravaju tu učinkovitost.

U ovom se radu pitanje odnosa morfološke i fonetske razine promatra na primjeru realizacije glasnika u leksičkom artikulacijskom zglobu. Artikulacijski se zglob određuje kao izgovorna realizacija veze između dvaju govornih članaka iste hijerarhijske razine. Teorijski se, dakle, može govoriti o sljedećim artikulacijskim zglobovima: diskursni (veza između dvaju diskursa), odlomački (između dvaju govornih odlomaka), rečenični (između dviju rečenica), klauzalni (između dviju klauza), sintagmatski (između dviju sintagmi), leksički (između dviju govornih riječi), klitički (između pune riječi i klitike, a to znači da može biti enklitički i proklitički), morfološki (između dvaju morfema, a to znači složenički u tvorbi složenica, prefiksalni, sufiksalni i nastavački), slogovni (između dvaju slogova) i glasnički (između dvaju glasnika unutar sloga). Fonetski najizrazitiji mig za artikulacijski zglob jest stanika koja razgraničuje njegove članove. Logično je da se trajanje stanike skraćuje kako se spuštamo prema artikulacijskim zglobovima koji povezuju sve kraće članke, pa je logično da se stanika neće pojaviti u glasničkim, slogovnim ili klitičkim zglobovima, a redovita je u diskursnim, rečeničnim i klauzalnim, dok je u sintagmatskim i leksičkim zglobovima uporaba stanike slobodnija.

Ova su se pitanja najčešće promatrala na primjerima "laboratorijskoga" govora kada se promatra provedba ranije planiranog, a to znači unaprijed dobro organiziranog, bilo čitanog ili govornoga govora. Slika se mijenja ako se promatra spontani govor u kojem se uključuju elementi neposredne govorne proizvodnje, a to znači istodobnog planiranja i izvođenja govora. To uključuje neidealnu govornu organizaciju s oklijevanjima te s govornim i izgovornim pogreškama. Dodatni varijabilitet u spontanom govoru unose i velike razlike među govornicima te razlike u kontekstualnim uvjetima proizvodnje govora (Horga, 2005).

Elektropalatografija

Palatografskom metodom se bilježi dodir jezika na tvrdome nepcu. To je jedna od fizioloških metoda za mjerenje karakteristika izgovora (Stone, 1997). Ubraja se u fiziološke metode za mjerenje složenog ponašanja. Klasičnim "statičnim" metodama, kojima se dodir jezika mehanički skidala nanosena boja ili prah s nepca ili je obojeni jezik ostavljao trag na nepcu, mogao se bilježiti zbroj svih dodira u nekom vremenu, ali ne i njihova dinamika. Zato se tim metodama nije mogao analizirati kontinuirani govor, a i palatogrami izoliranih glasnika prikazivali su zbroj svih dodira tijekom artikulacije nekoga glasnika. Kada se dodir počeo bilježiti mjerenjem promjene elektriciteta početkom 20. stoljeća, otvorio se put razvoju suvremene elektropalatografije koji počinje šezdesetih godina. Palatografija tada postaje "dinamička" metoda, jer omogućuje promatranje karakteristika dodira jezika i nepca u vremenu. Suvremeni elektropalatografski uređaji imaju tri dijela.

1. Umjetno nepce od akrilata tanjeg od 1 mm (Stone, 1997:28) koje se kopčama pričvršćuje za zube. U umjetno nepce ugrađene su elektrode koje reagiraju na dodir jezika. Različiti proizvođači su ugrađivali različit broj elektroda u to nepce (Rion 63, Kay Elemetrics 96, Reading EPG 62). Budući da su Rion i Kay Elemetrics prestali proizvoditi svoje elektropalatografe, danas su najrašireniji sustavi temeljeni na Readingovu te imaju 62 elektrode, koje su na umjetnom nepcu raspoređene prema anatomskim karakteristikama svakog ispitanika.
2. Multiplekser je jedinica koja skenira elektrode tako da joj je za registriranje pojedine elektrode potrebno 3,2 μ s ili za sve 62 elektrode 3,2 ms. Tako se može dobiti 300 uzoraka dodira jezika na nepcu u jednoj sekundi. Međutim, obično se koristi 100 do 200 uzoraka tako da je pokret koji, na primjer, traje 1 sekundu frekvencijom uzorkovanja od 100 Hz prikazan sa 100 uzoraka s razmakom od 10 ms između dvaju susjednih uzoraka.
3. Glavna procesorska jedinica elektropalatografa obrađuje prostorne i vremenske uzorke palatograma i šalje ih u osobno računalo.

Osim ta tri osnovna dijela, postoji vrlo važan programski dio svakog elektropalatografa. Programski paketi danas omogućuju vrlo precizna mjerenja te postavljanje vlastitih parametara i formula prema kojima će se ti parametri izračunavati, što elektropalatografiju čini vrlo prilagodljivom metodom.

Elektropalatografija je otvorila nove mogućnosti istraživanja artikulacije, ali postoje ograničenja kojih treba biti svjestan pri interpretaciji rezultata. Naime, iz elektropalatografskih podataka ne može se izravno zaključivati o pokretima dijelova jezika, nego se o tomu može zaključivati na temelju anatomskih spoznaja. Nadalje, elektrode su diskretne točke u prostoru, a pojedini uzorci dodira jesu odsječci u vremenu, pa se zapravo ne bilježi kontinuitet kontakta.

Međutim, kod današnjih elektropalatografskih sustava razmaci između pojedinih prostornih i vremenskih točaka dovoljno su mali da je moguća točna interpolacija položaja između njih. Konačno, budući da umjetno nepce ne smije biti predugačko i ne smije zahvaćati područje mekoga nepca, jer bi ga u suprotnom pomaci mekoga nepca skidali iz njegova čvrstog položaja na ispitaničkovom tvrdom nepcu, ne mogu se potpuno zabilježiti dodiri jezika i mekoga nepca. Tako okluzija koja nastaje na mekome nepcu elektropalatografski može biti prikazana kao slobodan prolaz ili tjesnac, jer je okluzija preduboko na mekome nepcu da bi se elektropalatografski registrirala. Današnji sustavi taj problem rješavaju složenim indeksima koji na temelju mjesta i dinamike dodira na stražnjem dijelu tvrdog nepca s velikom točnošću predviđaju stupanj zatvora na mekome nepcu. Nijedna od fizioloških metoda za mjerenje izgovora ne pruža potpun uvid u funkcioniranje izgovornih organa u cjelini, pa tako ni elektropalatografija. Ipak, svaka od njih kvalitetno prikazuje funkcioniranje određenih dijelova artikulacijskih organa ili procesa, pa korištenje više metoda pri istraživanju artikulacije daje potpuniju sliku rada izgovornih organa (Recasens i sur., 1998; Kim, 2001; Tabain, 2002; Fuchs i Perrier, 2003).

Temelj svake elektropalatografske analize je optimalan način redukcije velike količine podataka koji se prikupljaju u jedinici vremena. Naime, sirovi elektropalatografski podaci pogodni su za detaljnu post hoc analizu. Svršishodna redukcija elektropalatografskih podataka rezultirala je različitim indeksima za kvantificiranje određenih artikulacijskih procesa i položaja. Napredniji programski paketi nude mogućnost kreiranja vlastitih indeksa koji najbolje odgovaraju istraživanom problemu.

Elektropalatografija se dugo i intenzivno upotrebljava kako u istraživanju zdravog tako i oštećenoga govora. Gibbon (2003) navodi da je od 1957. do 2003. objavljeno 400 radova na engleskom jeziku, u kojima je kao istraživačka metoda upotrijebljena elektropalatografija. Zdrav govor istražuje 63% tih radova, a 37% istražuje poremećen govor. U istraživanjima zdravoga govora najčešće su teme: koartikulacija, artikulacijske karakteristike pojedinih glasničkih kategorija, artikulacijski opis glasnika u pojedinim jezicima, palatalizacija, artikulacijska napetost, vremenska organizacija konsonantskih skupina i artikulacijski korelati promjene tempa. U kliničkoj primjeni elektropalatografije istražuju se karakteristike govora u slučajevima rascjepa nepca, glosektomije, funkcijskih artikulacijskih poremećaja, razvojnih neuromotoričkih poteškoća, dispraksije i disartrije, mucanja, laringektomije, senzoričkih gubitaka (npr. sluha) i tako dalje.

Elektropalatografijom se istraživao i utjecaj položaja morfološke granice na artikulaciju glasnika (Cho, 2001; Fougerson i sur., 2003) te općenito odnos fonološkog programa (segmenta i obilježja) i fonetske realizacije (artikulacijski pokret, artikulacijski cilj i artikulacijska struktura), (Recasens i sur., 1998; Nakamura, 2003; Stephenson, 2003). Stoga je i u ovom radu elektropalatografija upotrijebljena s tim ciljem.

CILJ I HIPOTEZE

Cilj rada bio je elektropalatografskom metodom istražiti utjecaj položaja leksičke granice na izgovor glasnika (okluziva /t/ i /k/) u artikulacijskom leksičkom zglobu kada se taj zglob realizira na dva načina: sa stankom i bez stanke između njegovih glasničkih članova. Postavljene su dvije glavne hipoteze.

1. Realizacija glasnika će se razlikovati ovisno o tome je li glasnik ispred ili iza leksičke granice.
2. Realizacija glasnika će se razlikovati ovisno o tome je li leksička granica ostvarena sa stankom ili bez nje.

METODA

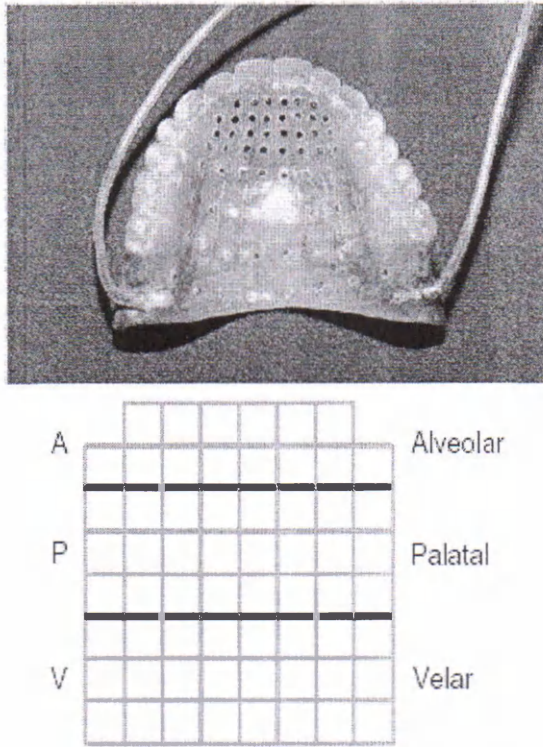
U istraživanju je sudjelovao jedan ispitanik normalnoga govornog i slušnog statusa čiji je materinski jezik hrvatski.

Govorni materijal sastojao se od po deset rečenica za svaki glasnik (/t/ i /k/). Svaka je rečenica izgovorena po deset puta u četiri različita uvjeta s obzirom na položaj leksičke granice ispred ili iza glasnika te s obzirom na izgovor sa stankom ili bez nje. Promatrani glasnici bili su u istom vokalskom okruženju. Tako je dobiveno 400 uzoraka za analizu: po 200 za svaki glasnik ili po 100 za svaki uvjet. Navodimo primjer jedne rečenice za glasnik /t/. (Položaj promatrane leksičke granice označen je znakom #, a izgovor sa stankom većim razmakom između članova zgloba.)

1. On već lupa#takt. – glasnik iza leksičke granice, bez stanke.
2. Gleda opat#akt. – glasnik ispred leksičke granice, bez stanke.
3. On već lupa# takt. – glasnik iza leksičke granice, sa stankom.
4. Gleda opat# akt. – glasnik ispred leksičke granice, sa stankom.

Popis rečenica u kojima su se testirale navedene hipoteze nalazi se u dodatku (dodatak 1).

Govorni je materijal snimljen u studiju Odsjeka za fonetiku sustavom SNORS+ (Kelly i sur., 2000). Elektropalatografski dio tog sustava temelji se na elektropalatografu iz Readinga. Upotrebljava se umjetno nepce od akrilata sa 62 elektrode i metalnim kopčama, kojima se učvršćuje u usnoj šupljini (sl. 2). Ono je povezano s računalom centralnom procesorskom jedinicom. Frekvencija uzorkovanja jest 100 Hz. Ispitaniku je prije snimanja govornog uzorka osigurano 90 minuta aktivnog privikavanja na govor s umjetnim nepcem, što je dovoljno da se ukloni utjecaj umjetnog nepca na prirodnost ispitanikova izgovora.



Slika 2. Fotografija umjetnog nepca sa 62 elektrode raspoređene prema anatomskim obilježjima ispitanikovog nepca (lijevo) te shematski prikaz nepca s izgovornim zonama (desno), (prema SNORS+ user manual, 2000)

Figure 2. An illustration of an artificial palate with 62 electrodes placed according to well-defined anatomical landmarks of a subject (left) and phonetic zoning schemes (right) (after SNORS+ user manual, 2000)

Analizirane su sljedeće elektropalatografske mjere izražene odgovarajućim indeksima za promatrane okluzive /t/ i /k/: trajanje dodira, količina alveolarnog i velarnog dodira, težina dodira, težište dodira. Trajanje jezično-nepčanog dodira mjereno je prema elektropalatografskom prikazu. Početkom faze pripreme izgovora glasnika smatran je trenutak u kojem su aktivirane najmanje dvije elektrode u zoni očekivanog mjesta artikulacije glasnika (za /t/ to je bio alveolarni greben, a za /k/ stražnji dio tvrdog nepca). Kraj faze otpuštanja izgovora glasnika bio je trenutak aktivacije manje od dvije elektrode u zoni očekivanog mjesta artikulacije. Količina alveolarnog dodira mjerena je kao broj dodirnutih elektroda u prva dva reda u odnosu prema

ukupnom broju elektroda u prva dva reda (14) izražen kao postotak. Količina velarnog dodira mjerena je kao broj dodirnutih elektroda u stražnja tri reda u odnosu prema ukupnom broju elektroda u stražnja tri reda (24) izražen kao postotak. Težina dodira (*weight*) mjera je odnosa broja aktiviranih elektroda na cijelom umjetnom nepcu i ukupnog broja elektroda na cijelom umjetnom nepcu (62) izražena kao postotak. Težište dodira (*center of gravity*, CoG), indeks kojim se izračunava mjesto najveće koncentracije aktiviranih elektroda u smjeru naprijed-nazad, a izražena je u postotku. Računa se prema sljedećoj formuli:

$$\text{Center of Gravity} = 8 - \left(\frac{1 \times N_1 (8/6) + 2N_2 + 3N_3 + \dots + 8N_8}{N_1 (8/6) + N_2 + N_3 + \dots + N_8} \right) \times \frac{100}{7}$$

Prema tome, rezultat 0% znači maksimalno stražnju koncentraciju aktiviranih elektroda, a 100% maksimalno prednju. Ta formula oblikom se minimalno razlikuje od one koju opisuju Hardcastle i suradnici (1991:259):

$$C_{oG} = \frac{(0,5 \times R8) + (1,5 \times R7) + (2,5 \times R6) + (3,5 \times R5) + (4,5 \times R4) + (5,5 \times R3) + (6,5 \times R2) + (7,5 \times R1)}{R8 + R7 + R6 + R5 + R4 + R3 + R2 + R1}$$

ili one koja se koristi u programu Articulate Assistant (Wrench, 2003):

$$1 - \frac{\sum_{m=1}^8 (m - 0,5) R_m}{8 \sum_{m=1}^8 R_m}$$

pri čemu je $R_m = \sum_{n=1}^8 c_{m,n} w_{m,n}$

$c_{m,n}$ = vrijednost kontakta u m redu i n stupcu

$w_{m,n}$ = vrijednost koeficijenta težine u m redu i n stupcu

Međutim, rezultati tih indeksa usporedivi su jer temeljno mjerenje provode na isti način.

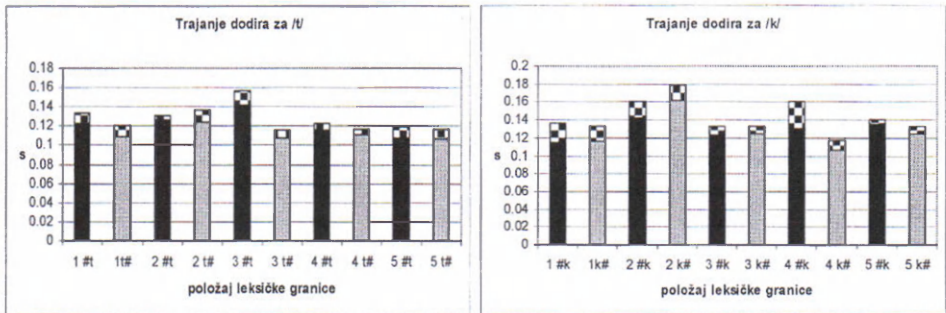
Značajnost razlike testirana je t-testom.

REZULTATI

Rezultati su prikazani na sljedećih sedam slika tako da su na apscisi prikazani položaji glasnika /t/ ili /k/ s obzirom na njihovu poziciju u odnosu prema leksičkoj granici, a na ordinati vrijednosti pojedinog elektropalatografskog indeksa. Na svakoj su slici vrijednosti indeksa za glasnik u položaju ispred leksičke granice, pa se takav položaj zove finalni te za glasnik poslije leksičke granice, pa se takav položaj zove inicijalni. Osim prosječnih vrijednosti indeksa, stupci s rezultatima na svakoj slici prikazuju i veličinu standardne devijacije (vrhovi stupaca).

Varijable za glasnike /t/ i /k/ u finalnom i inicijalnom položaju bez stanke

Trajanje



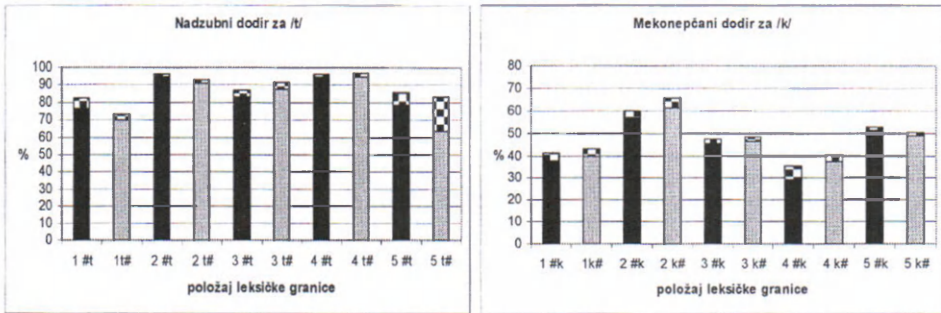
Slika 3. Trajanje dodira (u sekundama) za glasnike /t/ i /k/ u finalnom (sivi stupci) i inicijalnom (crni stupci) položaju bez stanke u artikulacijskom zglobu

Figure 3. Duration of a tongue-to-palate contact (in seconds) for /t/ and /k/ in the final (grey bars) and in the initial position (black bars) without a pause in the articulatory joint

Varijabla trajanje dobro razlikuje inicijalni položaj od finalnog /t/ u svih pet parova rečenica. Glasnik /t/ u finalnom položaju, tj. prije leksičke granice, uvijek je kraćeg trajanja nego /t/ u inicijalnom položaju. Ovakav rezultat očekivan je zbog povećane napetosti u inicijalnom dijelu sloga (riječi). Iako je tendencija jasno izražena, statistička analiza nije pokazala da je razlika između inicijalnog i finalnog /t/ prema varijabli trajanja dodira statistički značajna ($p=0,4709$).

Rezultati pokazuju da je /k/ u inicijalnom položaju duži u parovima rečenica 4 i 5, a kraći u parovima 1, 2 i 3. Dulji inicijalni /k/ u parovima 4 i 5 može se objasniti činjenicom da je u oba slučaja /k/ početak riječi s naglašenim vokalom /u/, pa stražnji dio jezika dulje ostaje u podignutom položaju te je spuštanje jezika sporije nego kad iza /k/ slijede otvoreniji i(li) predniji vokali. Iz rezultata se može zaključiti da trajanje ne razlikuje dobro inicijalni od finalnog /k/. Nameće se pitanje zbog čega je to tako, kada se inicijalni i finalni /t/ dobro razlikuju upravo po trajanju. Jedan od razloga mogao bi biti veći i tromiji aktivni artikulatork za /k/ čiji vremenski uzorak vjerojatno nije tako precizan kao onaj za vrh jezika. Razlika između inicijalnog i finalnog /k/ također nije statistički značajna prema varijabli trajanja dodira ($p=0,4896$).

Nadzubni dodir za /t/ i mekonepčani dodir za /k/



Slika 4. Nadzubni dodir (u postocima) za glasnik /t/ i mekonepčani dodir za /k/ u finalnom (sivi stupci) i inicijalnom (crni stupci) položaju bez stanke u artikulacijskom zglobo

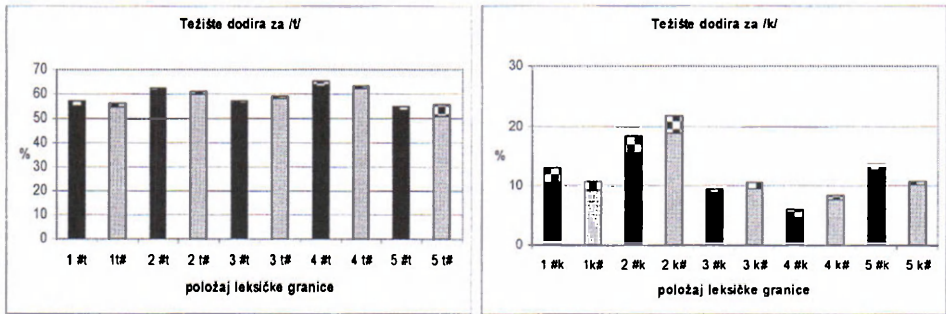
Figure 4. Alveolar contact (in percentages) for /t/ and velar contact (in percentages) for /k/ in the final (grey bars) and in the initial position (black bars) without a pause in the articulatory joint

Indeks nadzubnog dodira koji pokazuje koliki je postotak elektroda dodirnut u području nadzubnoga grebena, otkriva da inicijalni i finalni /t/ nemaju jednak odnos u svih pet parova rečenica. U 1., 2. i 5. paru veća je površina u području nadzubnog grebena kod inicijalnog /t/, dok je kod 3. i 4. para nadzubni dodir veći kod /t/ u finalnom položaju. Povećana napetost može rezultirati većim dodirom vrha jezika i nepca. Međutim, to ne objašnjava parove 3 i 4. Moguće objašnjenje je u činjenici da je /t/ u hrvatskom zubni (zubno-nadzubni). Budući da umjetno nepce ne pokriva zube, takav rezultat kod parova 3 i 4 može prouzročiti nešto više prednju artikulaciju inicijalnog okluziva /t/ u ta dva para, pri čemu bi koeficijent za izračunavanje nadzubnog dodira pokazao manju

vrijednost. Ipak, sama glasnička okolina ne opravdava takvo objašnjenje. Prema tome, rezultati slike 2 pokazuju da se veličinom nadzubnog dodira ne kodira dobro razlika između inicijalnog i finalnog /t/. Statistička analiza također ne pokazuje značajno razlikovanje tih rezultata ($p=0,0971$).

Indeks mekonepčanog dodira pokazuje postotak dodira mekoga nepca jezikom (100% je maksimalni dodir, a 0% minimalni). Rezultati pokazuju da je mekonepčani dodir veći kada je /k/ u finalnom položaju u svim parovima rečenica, osim u petom. Stoga se može zaključiti da je mekonepčani dodir mogući prediktor položajne razlike inicijalno/finalno. Međutim, tendencija je suprotna od očekivane s obzirom na rezultate za okluziv /t/. Naime, s obzirom na povećanu napetost na početku sloga/riječi, očekivano je da mekonepčani dodir bude veći u inicijalnom položaju. Ipak, takvi rezultati mogu se spekulativno objasniti aspiracijom zadnjega sloga, što može rezultirati snažnijom konstrukcijom u području mekoga nepca. Ovakva pretpostavka mogla bi se provjeriti modificiranim koeficijentom mekonepčanog dodira kakav se, na primjer, koristi u programu Articulate Assistant (Wrench, 2003). Rezultati se ni za /k/ nisu statistički značajno razlikovali ($p=0,1772$).

Težište



Slika 5. Težište (u postocima) za glasnike /t/ i /k/ u finalnom (sivi stupci) i inicijalnom (crni stupci) položaju bez stanke u artikulacijskom zglobu

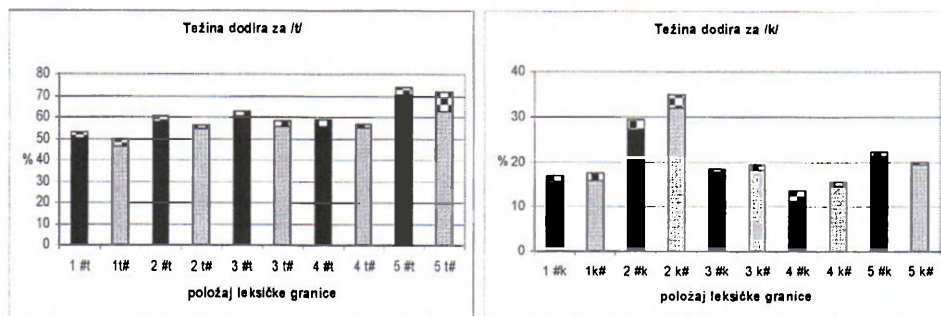
Figure 5. Centre of gravity (in percentages) for /t/ and /k/ in the final (grey bars) and in the initial position (black bars) without a pause in the articulatory joint

Indeksi težišta izraženi u postocima pokazuju koliko je artikulacija nekoga glasnika prednja odnosno stražnja (100% je maksimalno prednja artikulacija, a 0% je maksimalno stražnja) u našem slučaju otkrivaju izjednačene vrijednosti indeksa težišta za /t/ u inicijalnom i finalnom položaju. U prosjeku su

razlike manje od pola reda elektroda na umjetnom nepcu. Na temelju toga može se zaključiti da se inicijalni i finalni /t/ ne razlikuju u mjestu izgovora. Ipak, slaba tendencija prema više prednjem izgovoru inicijalnog /t/ vidljiva je u svakom paru rečenica, osim u 3. Jasniji odgovor na pitanje o razlici mjesta možda bi dao neki precizniji indeks (na primjer *anterior center of gravity*, ACoG (Gibbon i sur., 1993)). Međutim, glasnička okruženja u svakom paru rečenica međusobno su usklađena, pa primjena indeksa koji isključuje lateralni dodir ne bi donijela značajnu razliku u rezultatima. Stoga, ni varijabla težište ne razlikuje značajno inicijalni od finalnog /t/. To potvrđuje i statistička analiza značajnosti razlike rezultata ($p=0,4335$).

Rezultati pokazuju da je artikulacija okluziva /k/ više prednja kada je u inicijalnom položaju u rečeničnim parovima 1 i 5, a u ostalima više stražnja. Prema tome, ni kod okluziva /k/ težište nije dobra varijabla za razlikovanje inicijalnog od finalnog položaja. Razlika ni u tom slučaju nije značajna ($p=0,4849$).

Težina



Slika 6. Težina (u postocima) za glasnike /t/ i /k/ u finalnom (sivi stupci) i inicijalnom (crni stupci) položaju bez stanke u artikulacijskom zglobo

Figure 6. Weight (in percentages) for /t/ and /k/ in the final (grey bars) and in the initial position (black bars) without a pause in the articulatory joint

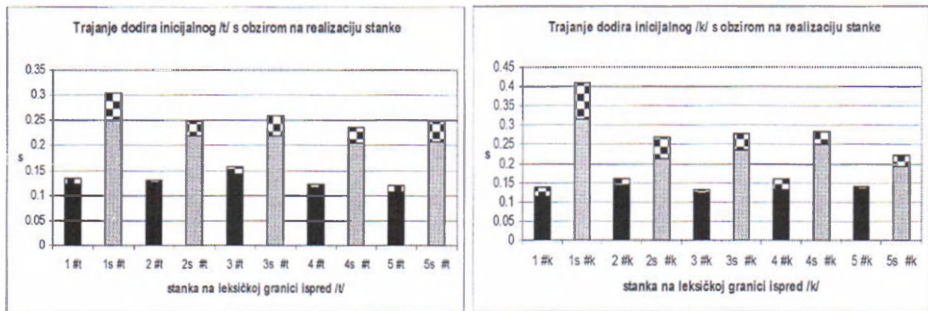
Vrijednosti indeksa težine otiska jezika na nepcu pokazuju koji je postotak od ukupnog broja elektroda dodirnut, pa vrijednost indeksa od 100% pokazuje kontakt svih elektroda na umjetnome nepcu, a 0% je vrijednost kada nijedna elektroda na tome nepcu nije dodirnut jezikom. Rezultati analize indeksa težine otiska pokazuju da je veća površina kontakta jezika i nepca kada je /t/ u inicijalnom položaju. Ti rezultati se podudaraju s rezultatima analize

trajanja i također se mogu objasniti većom napetošću artikulatora pri realizaciji inicijalnoga /t/. Statistička analiza potvrdila je da se inicijalno i finalno /t/ razlikuju prema varijabli težina jezično-nepčanog dodira ($p=0,0000$).

Za glasnik /k/ rezultati pokazuju da je težina dodira veća kada je /k/ u finalnom položaju u svim parovima rečenica, osim u petom. Ipak, ta razlika nije statistički značajna ($p=0,2544$), iako je vizualnom provjerom tendencija očita. Iako male, te su razlike dosljedne, pa se može zaključiti da je težina dodira mogući prediktor položajne razlike inicijalno/finalno.

Varijable za glasnike /t/ i /k/ u finalnom i inicijalnom položaju s obzirom na stanku

Trajanje dodira inicijalnih /t/ i /k/ s obzirom na realizaciju ili izostajanje stanke na granici artikulacijskog zgloba

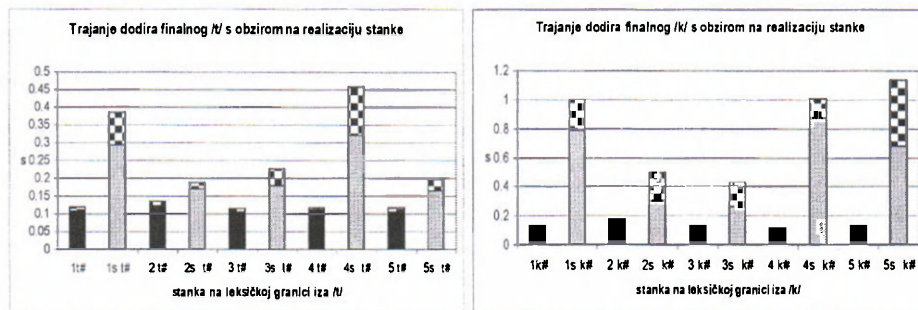


Slika 7. Trajanje dodira (u sekundama) za glasnike /t/ i /k/ u inicijalnom položaju kada je na granici riječi stanka realizirana (sivi stupci) i kada stanka nije realizirana (crni stupci)

Figure 7. Duration of a tongue-to-palate contact (in seconds) for /t/ and /k/ in the initial position with (grey bars) and without (black bars) a pause in the articulatory joint

Rezultati pokazuju da ostvarenje ili neostvarenje stanke bitno utječe na razliku u trajanju inicijalnog /t/ i /k/. Inicijalni glasnici prije kojih je realizirana stanka dužeg su trajanja od onih prije kojih te stanke nema u svim parovima rečenica. Razlika između realizacija sa stankom i bez nje statistički je značajna ($p=0,0000$). Stoga možemo zaključiti da realizacija stanke bitno utječe na trajanje dodira glasnika koji su neposredno iza nje.

Trajanje finalnih /t/ i /k/ s obzirom na realizaciju ili izostajanje stanke na granici artikulacijskog zgloba



Slika 8. Trajanje (u sekundama) za glasnike /t/ i /k/ u finalnom položaju kada je na granici riječi stanika realizirana (sivi stupci) i kada stanika nije realizirana (crni stupci)

Figure 8. Duration of tongue-to-palate contact (in seconds) for /t/ and /k/ in the final position with (grey bars) and without (black bars) a pause in the articulatory joint

Rezultati pokazuju da ostvarenje ili neostvarenje stanke značajno utječe na razliku u trajanju finalnih /t/ i /k/. Finalni glasnici nakon kojih je ostvarena stanika duže traju od onih nakon kojih te stanke nema u svim parovima rečenica. Kao i u slučaju prednjeg okluziva /t/, i kod /k/ je razlika u trajanju veća u finalnom nego u inicijalnom položaju. Razlika je i statistički značajna ($p=0,0000$). Dakle, realizacija stanke bitno utječe na trajanje dodira glasnika koji su neposredno ispred nje.

Ostale mjerene varijable (nadzubni dodir, težište i težina) ne razlikuju ni jednoznačno ni dovoljno realizaciju glasnika /t/ i /k/ s obzirom na postojanje ili nepostojanje stanke na leksičkoj granici u finalnom ni u inicijalnom položaju.

RASPRAVA I ZAKLJUČAK

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da se u slučaju realizacije leksičkog artikulacijskog zgloba elektropalatografijom mogu otkriti neki migovi koji označuju položaj leksičke granice. Od četiri elektropalatografska indeksa kao vrlo moguć indikator pokazao se indeks trajanja jezično-nepčanog dodira za oba promatrana konsonanta (/t/ i /k/). Trajanje dodira konsonanta još je značajniji pokazatelj leksičke granice kada je ona označena i stankom među leksičkim jedinicama. Kao moguć prediktor leksičke granice pokazala se i varijabla težine jezično-nepčanog dodira, ali samo kada na leksičkoj granici nema stanke. Preostala dva analizirana indeksa (veličina alveolarnog i velarnog dodira i

težišta) nisu se pokazala važnima za određivanje položaja leksičke granice, i to osobito u uvjetu kada je realizirana i stanka. Dobiveni su rezultati sukladni nekim drugim istraživanjima u kojima se promatrao isti problem odnosa različitih hijerarhijskih razina govorne proizvodnje. Theohong Cho (2001), istražujući utjecaj morfemske granice na vremensku organizaciju govornih gesta u korejskom jeziku pomoću elektromagnetske midsagitalne artikulografije (EMAE), pokazao je da je vremenska organizacija gesta manje varijabilna ako je međumorfemska granica između leksikalizirane složenice, nego ako je ta složenica neleksikalizirana. Isto tako je zaključio da je varijabilnost vremenske organizacije manja u monomorfemskoj riječi (kada morfemska granica ne postoji), nego kada je riječ sastavljena od dvaju morfema (kada je morfemska granica prisutna). U istom je radu, proučavajući stupanj palataliziranosti konsonanata pod utjecajem sljedećeg vokala /i/, pomoću elektropalatografije pokazao da se u slogovima /ti/ i /ni/ ostvaruje veći varijabilitet govornih gesta kada morfemska granica dijeli konsonant i vokal nego kada konsonant i vokal pripadaju istome morfemu. Njegovi rezultati pokazuju kako je moguće da je morfološka struktura ukodirana u fonetskoj realizaciji. Fougeron i sur. (2003) istražili su je li resilabifikacija u francuskom jeziku u slučaju "liesona" potpuna ili se mogu naći akustički migovi koji otkrivaju dubinsku leksičku strukturu, odnosno pokazuju gdje se u nizovima V1.C#V2 i V1#CV2 nalazi leksička granica te može li se u nizu V1.CV2 otkriti da leksičke granice nema. Na temelju mjerenja trajanja pojedinih segmenata rezultati su pokazali da resilabifikacija nije potpuna. Naime, vokal u slogu ispred leksičke granice se produžuje, a resilabificirani konsonant se skraćuje. Ti rezultati ne idu u prilog hipotezi da se resilabifikacija odvija na fonološkoj razini. Bakran je (1996) na temelju akustičkih istraživanja hrvatskoga govora zaključio da su vokali i konsonanti u posljednjem slogu ispred stanke značajno dulji bez obzira na trajanje stanke. Bakran također ističe da se cijeli posljednji slog dulji i u povezanom govoru kada se ne može primijetiti nikakva stanka na granici riječi, i to vokali 12%, a konsonanti 6 – 12%. Horga (1996) postavio je pitanje razlikuje li se realizacija nekih akustičkih parametara u dva fonemski jednaka odsječka s različitom pozicijom leksičke granice: V#CV i VC#V. Pokazalo se da diskriminaciji položaja leksičke granice, budući da su bili promatrani bezvučni okluzivi u hrvatskom, najviše pridonosi trajanje okluzije koja je u kombinaciji V#CV statistički značajno duža (85,3 ms) nego u nizu VC#V (69,5 ms). Moguće je promatrati ovaj rezultat u skladu s rezultatom Fougeron i suradnika (2003), gdje se resilabificirani konsonant također skratio u odnosu prema drugim položajima. Drugi akustički parametri (trajanje i intenzitet vokala te eksplozije okluziva) nisu se pokazali statistički značajnim varijablama u razlikovanju položaja leksičke granice. Mikuteit (2003) je, proučavajući okluzive na morfemskoj granici između prefiksa i osnove, utvrdio kako je za njemački karakteristično da se granica ostvari tako da ako osnova počinje vokalom, između konsonanta i vokala ubacuje se glotalni okluziv; ako su to homorganski okluzivi, realizira se produljeni konsonant, a ako im je mjesto izgovora različito, obično se prvi okluziv ostvari s

eksplozijom. Ipak, određena nekonzistentnost pojavljuje se i s obzirom na asimilaciju po zvučnosti te trajanje okluzije i eksplozije. Ovo upozorava na utjecaj fonetske realizacije na okluzive u slučaju kada ih dijeli prefiksalna tvorbena granica. Konačno, ista se zakonitost otkriva i u rezultatima istraživanja procesa asimilacije u proklitičkim vezama u hrvatskom jeziku (Škarić i Kišiček, 2006), gdje se asimilacije otkrivaju kao parametrijska pojava, čime se upozorava na varijabilni odnos između fonemske i fonetske razine govorne proizvodnje.

Rezultati tih istraživanja, čini se, ne podupiru koartikulacijske modele koji predviđaju da su ulazne jedinice motoričkoga govornog programa fonološka obilježja. Veću potvrdu u tim rezultatima nalaze modeli koji su izrasli iz načela artikulacijske fonologije i teorije suproizvodnje. Naime, modelima koji se temelje na širenju fonoloških obilježja kao osnovnom načelu koartikulacije, osnovne ulazne jedinice su bezvremenske i ne mogu se preklapati u vremenu. Prema Keating (Farnetani i Recasens, 1999:64), koartikulacija se u takvom sustavu svodi na fonetsku podspecifikaciju te nije moguća u specificiranim jedinicama, osim ako one same ne dopuštaju modulaciju. Transformacijama se takve jedinice, pomoću odvojenih sustava planiranja i vremenskog programa, prevode u potpuno drugačije jedinice – artikulacijske pokrete. Ta osobina čini model netransparentnim zbog nejasne i razdvojene veze između plana i izvedbe. S druge strane, artikulacijska fonologija, u namjeri da se riješi nedjelotvornog načina u kojem su sustav planiranja i vremenskog programa odvojeni, definira ulazne fonološke jedinice kao planirane pokrete, odnosno kao dinamički određene fonetske geste s intrinzičnom vremenskom dimenzijom (Fowler, 1980; Fowler i sur., 1980; Browman i Goldstein, 1986, 1989; prema Farnetani i Recasens, 1999:51). Budući da je takvim jedinicama dopušteno preklapanje u vremenu, što utječe na njihovu vremensku i prostornu realizaciju, koartikulaciji je dano realnije objašnjenje, koje može opravdati varijacije koartikulacijskih događaja. Prema tome, povećanje preklapanja gesta (na primjer, zbog povećanja brzine izgovora) smanjuje trajanje pretpostavljenog segmenta i povećanje koartikulacijskih efekata. Takvu teorijsku postavku potvrđuju rezultati usporedbe inicijalnih i finalnih /t/ i /k/ s obzirom na ostvarenje ili neostvarenje stanke na leksičkoj granici u ovom radu. Rezultati, naime, pokazuju kraće trajanje analiziranih glasnika u zglobu bez stanke, gdje je preklapanje dviju susjednih gesta veće.

Na temelju rezultata ovog istraživanja može se zaključiti da su dvije postavljene hipoteze potvrđene nekima od elektropalatografskih indeksa. Osim toga, ovo je istraživanje pokazalo koje indekse u daljnjem elektropalatografskom istraživanju ovog problema možemo odbaciti, a koje dodatno modificirati jer pokazuju određene tendencije. Istraživanje je također pojasnilo neke probleme u segmentaciji elektropalatografskih podataka i potvrdilo stajalište da je artikulacijski događaj (struktura ili gesta) bolji kriterij pri segmentaciji za neke istraživane parametre (na primjer, težište i težina dodira), nego što je to pretpostavka o segmentu.

REFERENCIJE

- Bakran, J.** (1996). *Zvučna slika hrvatskoga govora*. Zagreb: IBIS grafika.
- Cho, T.** (2001). Effects of Morpheme Boundaries on Intergestural Timing: Evidence from Korean. *Phonetica*, 58, 129-162.
- Farnetani, E., Recasens, D.** (1999). Coarticulation models in recent speech production theories. U W. J. Hardcastle i N. Hewlet (ur.), *Coarticulation. Theory, Data and Techniques*, 31-69. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fougeron, C., Bagou, O., Content, A., Stefanuto, M., Frauenfelder, U.** (2003). Looking for acoustic cues of resyllabification in French. *Proceedings of the 15th ICPHS in Barcelona*, 2257-2260.
- Fuchs, S., Perrier, P.** (2003). An EMMA/EPG study of voicing contrast correlates in German. *Proceedings of the 15th ICPHS in Barcelona*, 1057-1060.
- Gibbon, F. E.** (2003). Using Articulatory Data to Inform Speech Pathology Theory and Clinical Practice. *Proceedings of the 15th ICPHS in Barcelona*, 261-264.
- Gibbon, F., Hardcastle, W., Nicolaidis, K.** (1993). Temporal and Spatial Aspects of Lingual Coarticulation in /kI/ Sequences: A Cross-Linguistic Investigation. *Language and Speech*, 36 (2, 3), 261-277.
- Hardcastle, W. J., Gibbon, F., Nicolaidis, K.** (1991). EPG Data Reduction Methods and Their Implications for Studies of Lingual Coarticulation. *Journal of Phonetics*, 19, 251-266.
- Hartsuiker, R. J., Kolk, H. H. J., Lickey, R. J.** (2001). Stuttering on function words and content words: A computational test of the Covert Repair Hypothesis. U Maasen, B., Hulstijn, W., Kent, R., Peters, H. F. M., van Lieshout, P. H. M. M. (ur.), *Speech motor control in normal and disordered speech*, 65-69. Nijmegen: Uetgeverij Vantilt.
- Horga, D.** (1996). Utjecaj položaja leksičke granice na slogovnu strukturu u hrvatskom govoru. *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Studia slavica* 1, 55-78.
- Horga, D.** (1997). Samoispravljanje u govornoj proizvodnji. *Suvremena lingvistika*, 43-44 (1-2), 91-104.
- Horga, D.** (2005). Izgovorni zglobovi u spontanom govoru. U Pranjković, I. (ur.), *Od fonetike do etike*, 63-74. Zagreb: Disput.
- Kelly, S., Main, A., Manley, G., McLean, C.** (2000). Electropalatography and the Linguagraph System. *Medical Engineering and Physics*, 22 (1), 47-58.
- Kim, H.** (2001). The Place of Articulation of the Korean Plain Affricate in Intervocalic Position: an Articulatory and Acoustic Study. *Journal of the International Phonetic Association*, 31 (2), 229-257.
- Levelt, W. J. M.** (1989). *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge, MA: M. I. T. Press.

-
- Mikuteit, S.** (2003). Contacting plosives across morpheme boundaries. *Proceedings of the 15th ICPhS in Barcelona*, 3005-3008.
- Nakamura, M.** (2003). The Spatio-temporal Effects of Vowel Devoicing on Gestural Coordination: an EPG Study. *Proceedings of the 15th ICPhS in Barcelona*, 3025-3028.
- Recasens, D., Pallares, M. D., Fontdevila, J.** (1998). An Electropalatographic and Acoustic Study of Temporal Coarticulation for Catalan Dark /l/ and German Clear /l/. *Phonetica*, 55, 53-79.
- SNORS+ user manual. Version 6.** (2000). Kent: University of Kent at Canterbury.
- Stephenson, L.** (2003). An EPG Study of repetition and Lexical Frequency Effects in Alveolar to Velar Assimilation. *Proceedings of the 15th ICPhS in Barcelona*, 1891-1894.
- Stone, M.** (1997). Laboratory techniques for investigating speech articulation. U W. J. Hardcastle i J. Laver (ur.), *The Handbook of Phonetic Sciences*, 11-33. Oxford: Blackwell.
- Škarić, I. i Kišiček, G.** (2006). Izgovaranje neizgovorljivih fonema. *Govor XXIII*, 1, 1-18.
- Tabain, M.** (2002). Voiceless Consonants and Locus Equations: A Comparison with Electropalatographic Data on Coarticulation. *Phonetica*, 59, 20-37.
- Wrench, A.** (2003). Articulate Assistant User Guide Version 1.8. Articulate Instruments Limited. www.articulateinstruments.com
-

Dodatak 1. Govorni materijal na kojem se provodila elektropalatografska analiza

Appendix 1. Speech material prepared for electropalatographic analysis

Moram stope tiskati.
Moram opet iskati.

Ima lijepe toke.
Teška je pet oka.

Sad će ući tata.
On će jašit ata.

On već lupa takt.
Gleda opat akt.

Možda će ta tući.
Možda će tat ući.

Ostala je pusta kasa.
Stigao je listak asa.

Danas čisti kotac.
Naš je mistik otac.

To su dvije kosti.
Nosi uvijek osti.

Već je piso kum.
To je visok um.

Ugrizlo te kuče.
Narodi tek uče.

Damir Horga and Marko Liker
Faculty of Humanities and Social Sciences, Zagreb
Croatia

**THE ELECTROPALATOGRAPHIC ANALYSIS OF THE INFLUENCE
OF THE LEXICAL BOUNDARY ON THE PRONUNCIATION OF
SOUNDS IN THE ARTICULATORY JOINT**

SUMMARY

In order to understand the mechanisms of speech production one needs to understand the relationship between the representational or mental level and the executive or physical level of speech. It is supposed that abstract, discrete and invariant units of the language level are realized as continuous, variable and covert movements of speech organs and acoustical patterns. The present paper deals with the influence of the higher conceptual and linguistic levels on the articulatory performance. Therefore, the influence of the lexical boundary on the realization of particular sounds in the articulatory joint was investigated. The authors analyzed the articulation of particular consonants in two identical sound sequences (VCV), with the lexical boundary in front (V#CV) and after (VC#V) the consonant. The consonants /t/ and /k/ in the above mentioned sequences were pronounced in five sentences by one native speaker of Croatian with ten repetitions of each sentence. Electropalatographic parameters of tongue-to-palate contact duration, amount of alveolar and velar contact, centre of gravity and weight were measured. Their difference in the two positions of the lexical boundary was analyzed. The results showed that different placement of the lexical boundary in the articulatory joint had different influence on the consonant realization.

Key words: *lexical boundary, articulatory joint, electropalatography, speech production, consonants*