

# OSNOVNE AKUSTIČKE ZNAČAJKE MUŠKOGA GLASA I NJIHOVE PROMJENE U VOKALIMA /a/, /u/ i /i/

GORDANA KOVAČIĆ

primljeno: ožujak '97.  
prihvaćeno: prosinac '97.

Izvorni znanstveni članak  
UDK: 376.36

Spolna obilježja u glasu mogu se opisati akustički i psihoakustički. Cilj ovog rada bio je utvrditi osnovne akustičke značajke muškoga glasa - fo, intenzitet fo i jitter. Budući da iste ovise o intraralaringealnoj konfiguraciji koja je vrlo složena, željelo se ispitati njihove promjene u vokalima /a/, /u/ i /i/. U uzorku ispitanika bilo je 27 odraslih muškaraca bez vokalne patologije čiji je zadatak bio fonirati vokale /a/, /u/ i /i/. Spektralna analiza glasova provedena je analizatorom zvuka u realnom vremenu (Bruel & Kjaer, model 2123). Rezultati t-testa ukazuju na opreku niski vokal /a/-visoki vokali /u/ i /i/ gdje je statistički značajna razlika prisutna na varijablama fo i intenzitet fo. Time se, osim fenomena inherentne frekvencije osnovnog laringealnog tona, i jakost zvuka ističe kao unutarnje obilježje vokala.

**Ključne riječi:** muški glas, glasiljke, fo, intenzitet fo, jitter, inherentna frekvencija osnovnog laringealnog tona, vokali /a/, /u/, /i/

## UVOD

Ljudski je glas složen fenomen koji čini osnovu vokalne komunikacije i vokalnog ponašanja. Nastaje kao rezultat fonacije, vrlo složene funkcije koja zahtijeva sinkronu i koordiniranu suradnju velikog broja mišića. Primarni fonatorni mehanizam su glasiljke, mišićni nabori smješteni u larinksu čije je treperenje rezultat interakcije aerodinamičke energije generirane u subglotičkom dijelu dišnog sustava i mioelastične energije samih glasiljki koje su kortikalno pripremljene. Treperenje glasiljki u jedinici vremena, odnosno broj titraja koje učine u jednoj sekundi, zovemo fundamentalna frekvencija (fo) što izražavamo hertzima (Hz). Ona je fizikalni, akustički parametar koji determinira psihoakustički parametar - visinu glasa i ovisi o nizu čimbenika od kojih su osobito važni napetost, masa i duljina glasiljki. Potonja je različita u novorođenčadi, djece, odraslih. Nadalje, različita je u muškaraca i žena. Prema japanskim autorima Hiranu, Kuriti i Nakashimi (1983) duljina glasiljki u odraslih žena iznosi 11-15 mm, a u odraslih muškaraca 17-21 mm. Leahy i Stemple (1989)

ističu da je duljina glasiljki u žena 9-13 mm, a u muškaraca 15-20 mm. Škarić (1991) navodi duljinu glasiljki od 13-17 mm u žena i 17-24 mm u muškaraca, a Jelaković (1978), pak, ističe duljinu glasiljki od 18-20 mm za žene, odnosno 20-24 mm za muškarce, itd. Općenito se može reći da su glasiljke u muškaraca strukturalno dulje nego u žena i to za otprilike 1/3 (Kaplan, 1960) te da im je masa veća što rezultira manje učestalim titranjem glasiljki, odnosno nižom fo što slušno doživljavamo kao nižu visinu glasa ili dubok glas. Tako se fo muškoga glasa kreće u rasponu od 100-125 Hz (Jelaković, 1978), odnosno prosječno iznosi 120 Hz (Škarić, 1991; Deem i sur., 1991). Bertapelle (1993) je u svom istraživanju dobila vrijednost fo muškoga glasa 125 Hz, Morris i sur. (1995) 117 Hz, Britto i Doyle (1990) 124 Hz, Murry i Doherty (1980) 115 Hz, itd. Općenito je fo muškoga glasa za 1,6 puta niža od fo ženskoga glasa (Aronson, 1990).

Gordana Kovačić, prof. logoped, polaznica je poslijediplomskog studija Edukacijsko-rehabilitacijskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

S obzirom na visinu glasa, pjevačka je umjetnost već davno kategorizirala muške glasove u tri skupine - basove, baritone i tenore. Ovu tradicionalnu podjelu prihvatila je i znanost o glasu, a neki su je autori preciznije opisali definirajući frekvencijske raspone pojedinih glasova. Tako Luchsinger i Arnold (1965 - prema Greene, Mathieson, 1991) pridružuju slijedeće raspone govorne fo basu, baritonu i tenoru:

bas: 98-110 Hz,

bariton: 117-133 Hz i

tenor: 147-165 Hz.

Osim razlika u fo, spolne se razlike u glasu očituju i u intenzitetu koji je redovito za 2-6 dB veći u muškom nego u ženskom glasu (Coleman i sur., 1977; Bertapelle, 1993; Higgins, Saxman, 1991 - prema Pittam, 1994).

Nadalje, muški i ženski glas razlikuju se i u jitteru, mikrovarijacijama vrijednosti fo koje su rezultat nepravilnosti titranja glasiljki. Iako nam priroda ove pojave još uvijek nije dovoljno poznata, zna se da je u negativnoj korelaciji s fo, no ni taj odnos nije posve jasan. Glasovi čija je fo niža tendiraju višim vrijednostima jittera, i obratno (Pittam, 1994). Tako rezultati istraživanja Orlikoffa i Bakena (1990), Nittrouerove i sur. (1990), Linkea (1973 - prema Pittam, 1994) i drugih autora pokazuju da su varijacije fo veće u muškom nego u ženskom glasu, odnosno da jitter u ženskom glasu manje ovisi o promjenama fo nego što je to slučaj u muškom glasu. Poznato je i to da varira od vokala do vokala te da je upravo produžena fonacija najbolji način ispitivanja ove akustičke značajke (Murry, Doherty, 1980).

## CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog rada je utvrđivanje spomenutih akustičkih značajki - fo, intenziteta fo i jittera u muškom glasu što je učinjeno analizom spektrograma vokala /a/, /u/ i /i/ (kakve poznajemo u hrvatskom jeziku). Zbog razlika u intralaringealnoj konfiguraciji prilikom fonacije spomenutih vokala, očekuju se i razlike u njihovom akustičkom ostvarenju. Naime, poznato je da fo ovisi o napetosti

glasiljki koja, pak, ovisi o položaju krikoidne, tiroidne i aritenoidne hrskavice. Iako CT-istraživanja ističu neposrednu ulogu krikotiroidnog mišića u determinaciji fo, čini se da su glavne strukture uključene u kontrolu fo krikoidna i tiroidna hrskavica te hoidna kost čiji međuovisni pokreti rezultiraju promjenama susjednih anatomskih struktura (Erickson i sur., 1983). Honda (1983) također ističe utjecaj hoidne kosti na fo. Tako pri produkciji visokih vokala ona zauzima prednji položaj, npr. vokal /i/, a kod niskih vokala, npr. /a/, stražnji. Istovremeno je položaj jezika, čiju bazu podržava upravo hoidna kost, pri fonaciji visokih vokala povišen, a niskih nizak. Upravo zbog toga dolazi do promjena u fo pa možemo ustvrditi da su vertikalni pokreti hoidno-laringealnog mehanizma povezani s promjenama visine glasa zbog čega povišenje položaja larinksa rezultira i povišenjem fo (Sundberg, Askenfelt, 1983). Visina larinksa koja se mijenja prilikom fonacije vokala ovisi o nekoliko čimbenika od kojih su položaj glave, stupanj otvaranja čeljusti i mod fonacije tek neki (Honda, 1983). Istovremeno dolazi do promjena u duljini i volumenu vokalnog trakta što rezultira specifičnom akustičkom kvalitetom vokala, ali i drugih zvučnih glasova. Tako su MR- i röntgen-ispitivanja pokazala da je vokalni trakt dulji prilikom fonacije vokala /u/ nego /i/ i /a/ (Baer i sur., 1991). No, veći stupanj otvorenosti čeljusti, odnosno veća otvorenost usne šupljine prilikom fonacije vokala /a/ u odnosu na ostale vokale, rezultira i većom količinom izlazne energije pa njegov intenzitet može biti oko 4 dB veći od intenziteta vokala /u/ i /i/ (Sussman, Sapienza, 1994).

Spomenute razlike u akustičkom ostvarenju vokala očekivane su i u ovom radu. U tom smislu, ispitano je koliko su one statistički značajne.

## METODE ISTRAŽIVANJA

### Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika obuhvaća 27 muškaraca bez poremećaja glasa od kojih su devetorica

pušači. (Analizom varijance nisu pronađene razlike na ispitivanim varijablama obzirom na ovaj kriterij.) Niti jedan ispitanik nije vokalni profesionalac. Prosječna kronološka dob uzorka je 33,7 godina (raspon  $KD=23-53$  godine). U trenutku snimanja glasa niti jedan ispitanik nije imao zdravstvene probleme vezane uz uho-grlo-nos, odnosno poteškoće koje bi ometale fonaciju. Želeći dobiti što univerzalnije vrijednosti akustičkih značajki muškoga glasa, u uzorak ispitanika uključeno je nekoliko različitih populacija (rasa) - Europljani (devetero bijelaca), Afrikanci (sedmero crnaca) i Amerikanci (sedmero crnaca i četvero bijelaca).

## Varijable

Obzirom na postavljene ciljeve, definirane su slijedeće skupine varijabli:

1. fo /Hz:

a\_fo\_Hz - fo vokala /a/

u\_fo\_Hz - fo vokala /u/

i\_fo\_Hz - fo vokala /i/

2. intenzitet fo/dB:

a\_fo\_dB - intenzitet fo vokala /a/

u\_fo\_dB - intenzitet fo vokala /u/

i\_fo\_dB - intenzitet fo vokala /i/

3. jitter:

a\_jitter - jitter vokala /a/

u\_jitter - jitter vokala /u/

i\_jitter - jitter vokala /i/

**Napomena:** jitter, pokazatelj varijabilnosti fo, može se mjeriti na različite načine.

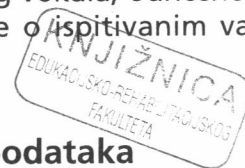
U ovom istraživanju izražen je u pojasevima raspona 1/24 oktave koncentriranih oko vršnih 10 dB fo (intenzitet fo - 10 dB). To je jedan od načina mjerenja akustičkih karakteristika koji je do sada pokazao zanimljive rezultate varijabilnosti fo a proizašle iz akustičkog laboratorija Fakulteta za defektologiju u Zagrebu (Bolfan, 1994, 1995).

## Način ispitivanja

Ispitivanje je provedeno u akustičkom laboratoriju Fakulteta za defektologiju u Zagrebu. Ispitanici su najprije popunili

upitnik kojim su dobiveni podaci o kronološkoj dobi, podrijetlu, materinskom i drugim jezicima koje ispitanik koristi, trenutnom i općem zdravstvenom/otorinolaringološkom statusu, pušačkom statusu. Nakon toga su slijedili zadaci produžene fonacije vokala /a/, /u/ i /i/ u srednjem registru i ugodnoj intenzitetskoj razini u trajanju od 4 sekunde koliko je potrebno za akustičku analizu analizatorom zvuka u realnom vremenu (Real-time Frequency Analyzer, Bruel & Kjaer, model 2123). Udaljenost usana ispitanika od mikrofona bila je 8 cm.

Neposredno prije snimanja spomenutih zadataka, svakom je ispitaniku bilo demonstrirano na koji način treba fonirati koji vokal (tim više što se radilo o vokalima hrvatskog jezika). Svaki je zadatak fonacije (svaki vokal) sniman dva puta. Tako su dobivena po dva spektrograma svakog vokala, odnosno vrlo precizne informacije o ispitivanim varijablama.



## Metode obrade podataka

Prvi korak u obradi podataka bio je očitavanje vrijednosti ispitivanih varijabli iz spektrograma. Budući da su za svaki vokal dobivena po dva spektrograma, dakle po dvije vrijednosti za svaku varijablu, u daljnjoj obradi upotrijebljena je njihova srednja vrijednost. U utvrđivanju razlika između ispitivanih vokala primijenjena je metoda t-testa za parove.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Tablica 1a prikazuje aritmetičke sredine i standardne devijacije rezultata ispitanika na varijablama fo/Hz i intenzitet fo/dB pri fonaciji vokala /a/, /u/ i /i/. Vrijednost fo, kako je i očekivano, varira i najniža je pri fonaciji vokala /a/ gdje iznosi 103,9 Hz. fo vokala /u/ i /i/ iznosi 109,1 Hz, odnosno 110,1 Hz. Navedeni odnosi vrijednosti fo u skladu su s rezultatima nekih drugih autora. Tako su Emanuel i Whitehead (1979) na uzorku koji je brojao 20 odraslih muških ispitanika dobili vrijednosti fo vokala /a/ 105,7 Hz, /u/ 110,8

Tablica 1. Aritmetičke sredine (M) i standardne devijacije (SD) rezultata ispitanika na varijablama fo/Hz, intenzitet fo/Hz, intenzitet fo/dB (tablica 1a) i jitter (tablica 1b) pri fonaciji vokala /a/, /u/ i /i/

Tablica 1a.

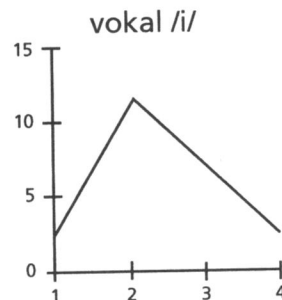
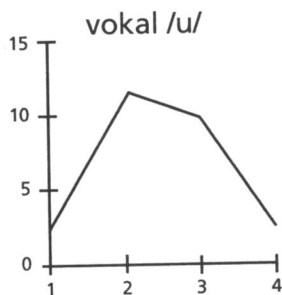
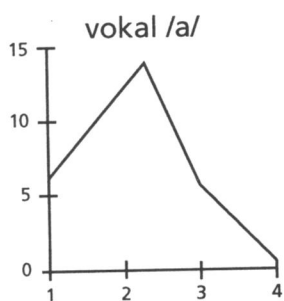
Varijabla	M	SD
a_fo_Hz	103.9	10.97
u_fo_Hz	109.1	13.61
i_fo_Hz	110.1	13.46
a_fo_dB	84.2	5.68
u_fo_dB	85.2	5.59
i_fo_dB	85.2	5.57

Tablica 1b.

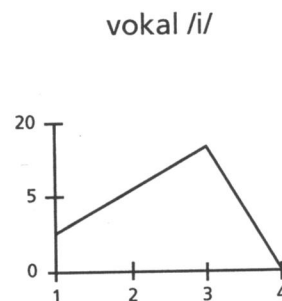
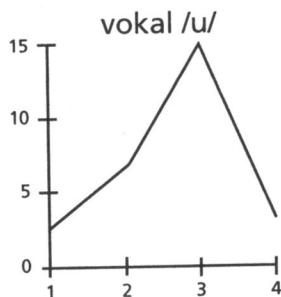
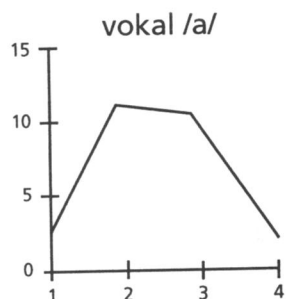
Varijabla	M	SD
a_jitter	.93	.532
u_jitter	.74	.424
i_jitter	.87	.530

Slika 1. Distribucije rezultata ispitanika na varijablama fo/Hz (slika 1a), intenzitet fo/dB (slika 1b) i jitter (slika 1c) pri fonaciji vokala /a/, /u/ i /i/

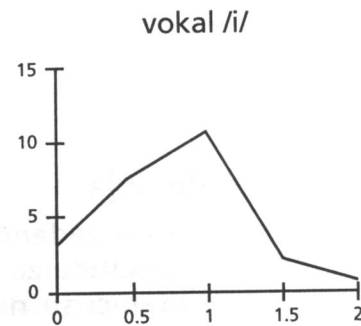
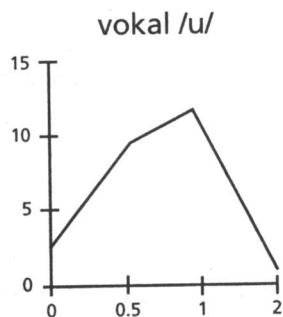
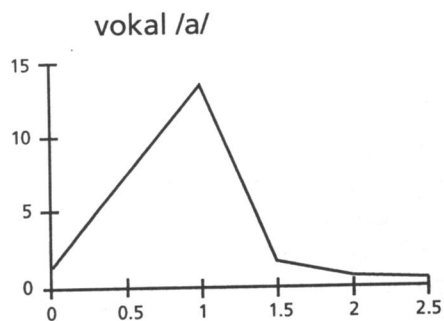
Slika 1a



Slika 1b



Slika 1c



<b>LEGENDA:</b>	<b>1a</b>	<b>1b</b>	<b>1c</b>
	1 - do 95 Hz	1 - do 80 dB	Vrijednosti na apscisi
	2 - 95,1 - 110 Hz	2 - 80,1 - 85 dB	predstavljaju pojave
	3 - 110,1 - 125 Hz	3 - 85,1 - 90 dB	raspona 1/24 oktave oko
	4 - 125,1 Hz i više	4 - 90,1 dB i više	vršnih 10 dB Fo

Hz i /i/ 109,7 Hz. Sussman i Sapienza (1994) dobile su vrijednosti fo vokala /a/ 115,46 Hz, vokala /u/ 127,88 Hz i vokala /i/ 122,37 Hz, Nittrouerova i sur. (1990) 132 Hz - vokal /a/, 138 Hz - vokal /i/ i 139 Hz - vokal /u/, a Bless i sur. (1993 - prema Andrews, 1995) navode vrijednost fo vokala /a/ 106 Hz, a vokala /i/ 112 Hz. Općenito je vokal /a/ za otprilike 0,06 oktave niži od vokala /i/ i /u/ čija je unutarnja tonska visina približno podjednaka (Škarić, 1991); to potvrđuju i rezultati našeg istraživanja. Razlog spomenutih razlika je intralaringealna konfiguracija koja varira od vokala do vokala. Konzistentan odnos između kvalitete vokala i vrijednosti fo, odnosno razlika u vrijednosti fo prilikom produkcije različitih vokala, poznat je kao inherentna frekvencija osnovnog laringealnog tona. Honda (1983) ističe da ovaj fenomen ovisi o položaju jezika pa artikulacijski visoki vokali imaju višu fo nego niski. Osim ovog fiziološkog objašnjenja, postoji i niz mehaničkih

hipoteza o prirodi inherentne frekvencije osnovnog laringealnog tona, zatim akustička i neuralna (senzomotorna) hipoteza (Sapir, 1989), dok Bakran i Stamenković (1990) drže i govornu naviku pojedinca bitnom odrednicom ove složene pojave.

Prosječne vrijednosti uzorka na skupini varijabli intenzitet fo/dB su 84,2 dB - vokal /a/ i 85,2 dB - vokali /i/ i /u/ što nije očekivano budući da je otvorenost usne šupljine veća prilikom fonacije upravo najotvorenijeg vokala /a/ što bi trebalo rezultirati i većom količinom izlazne energije. Možda je razlog taj što je fonacija vokala /a/ bila prvi zadatak svim ispitanicima zbog čega njihovi glasovi još nisu bili otvoreni i zagrijani kao kasnije kada su se prilagodili ispitnoj situaciji.

Prosječne vrijednosti varijable jitter najviše su pri fonaciji vokala /a/, niže za vokal /i/ i najniže za vokal /u/ (v. tablicu 1b). Sličan odnos vrijednosti jittera pri produkciji spomenutih vokala, bilo da su izraženi u

Tablica 2. Distribucija rezultata ispitanika na varijablama fo/Hz, intenzitet fo/dB (tablica 2a) i jitter (tablica 2b) pri fonaciji vokla /a/, /u/ i /i/

Tablica 2a.

Varijabla	1	%	2	%	3	%	4	%	UKUPNO	%
a_fo_Hz	6	22.2	14	51.9	6	22.2	1	3.7	27	100
u_fo_Hz	2	7.4	13	48.1	10	37	2	7.4	27	100
i_fo_Hz	3	11.1	13	48.1	8	29.6	3	11.1	27	100
a_fo_dB	2	7.4	12	44.4	11	40.7	2	7.4	27	100
u_fo_dB	2	7.4	7	25.9	15	55.6	3	11.1	27	100
i_fo_dB	2	7.4	8	29.6	16	59.3	1	3.7	27	100

Tablica 2b

Varijabla	0	%	0.5	%	1.0	%	1.5	%	2.0	%	2.5	%	UKUPNO	%
a_jitter	2	7.4	7	25.9	14	51.9	2	7.4	1	3.7	1	3.7	27	100
u_jitter	3	11.1	8	29.6	11	40.7	3	11.1	2	7.4	-	-	27	100
i_jitter	3	11.1	10	37.0	13	48.1	-	-	1	3.7	-	-	27	100



milisekundama, postotku ili drugačije, prisutan je u istraživanjima Deema i sur. (1991), Vieirae i sur. (1997), Linvilleove i sur. (1990), Nittrouerove i sur. (1990), Sussman i Sapienze (1994), Deema i sur. (1989), Milenkovica (1987), Deala i Emanuela (1978), Blessa i sur. (1993 - prema Anderson, 1995) i drugih autora. Budući da je fo vokala /a/ najniža te da su fo i jitter u negativnoj korelaciji (do izvjesne frekvencijske razine unutar koje su upravo smještene vrijednosti fo muškoga glasa), ovakve smo rezultate i očekivali.

Zbog velikog raspršenja rezultata ispitanika na spomenutim varijablama, izvršeno je njihovo grupiranje u nekoliko kategorija. Tako su dobiveni pregledniji prikazi distribucija rezultata. Obzirom da rezultati tendiraju nižim vrijednostima, grupirani su na način da bolje diferenciraju lijevu stranu krivulje. Distribucije su prikazane u tablici 2 te na slici 1. Iz slike 1a vidljivo je da je najveći broj ispitanika smješten u drugoj grupi gdje je fo za sve vokale u granicama od 95,1-110 Hz, odnosno sve su krivulje pomaknute prema lijevo pa možemo zaključiti da ispitivani uzorak, obzirom na varijablu fo/Hz, pripada kategoriji dubokih muških glasova - basova.

Slika 1b prikazuje distribuciju rezultata ispitanika na varijabli intenzitet fo/dB gdje je vrlo uočljiva razlika između niskog vokala /a/ i visokih vokala /u/ i /i/. Pravilnija distribucija prisutna je pri fonaciji vokala /a/. Distribucija rezultata ispitanika na varijabli jitter prikazana je u tablici 2b, odnosno na slici 1c. Uočljivo je da je vrijednost jitera izražena u pojasevima raspona 1/24 oktave veća pri fonaciji vokala /a/ nego /u/ i /i/ koji su, obzirom na vrijednosti u ovoj varijabli, vrlo slični. Kao što je već ranije rečeno, jitter i fo su u negativnoj korelaciji i taj je odnos izraženiji pri produkciji glasa čija je fo niža. Budući da vokal /a/ ima nižu fo nego vokali /i/ i /u/, očekivalo se da će njegova vrijednost jitera biti veća nego vokala /i/ i /u/.

Da bi se utvrdilo koliko su statistički značajne razlike dobivene na mjerenim varijablama, napravljen je t-test za parove

Tablica 3. Rezultati t-testa za parove subvarijabli varijabli fo/Hz, intenzitet fo/dB i jitter

Red. br.	Parovi varijabli	t-test	Vjerojatnost
1.	a_fo_Hz - i_fo_Hz	-6.41	0.000
2.	a_fo_Hz - u_fo_Hz	-5.05	0.000
3.	i_fo_Hz - u_fo_Hz	1.09	0.285
4.	a_fo_dB - i_fo_dB	-2.90	0.007
5.	a_fo_dB - u_fo_dB	-2.49	0.020
6.	i_fo_dB - u_fo_dB	0.09	0.925
7.	a_jitter - i_jitter	0.47	0.640
8.	a_jitter - u_jitter	1.78	0.086
9.	i_jitter - u_jitter	1.19	0.244

subvarijabli skupina varijabli čiji su rezultati prikazani u tablici 3. Na varijabli fo/Hz statistički značajna razlika s vjerojatnošću pogreške  $p=0.000$  dobivena je u odnosu vokala /a/-/i/ te vokala /a/-/u/. S tim u vezi može se zaključiti da je inherentna frekvencija osnovnog laringealnog tona vrlo bitno razlikovno obilježje vokala.

Statistički značajne razlike u odnosu vokala /a/-/i/, odnosno /a/-/u/ pronađene su i na varijabli intenzitet fo/dB. Njihova razina vjerojatnosti pogreške  $p=0.007$ , odnosno  $p=0.002$  ukazuje na još jednu razliku između niskog vokala /a/ i visokih vokala /u/ i /i/. Slika 1b prikazuje vrlo sličnu distribuciju rezultata ispitanika na varijabli intenzitet fo/dB vokala /u/ i /i/.

Na varijabli jitter nisu dobivene statistički značajne razlike za parove subvarijabli iako smo ih očekivali. Odnos vokala /a/-/u/ s vjerojatnošću pogreške  $p=0.086$  tek tendira statistički značajnoj razlici.

## ZAKLJUČAK

Ljudski je glas tema velikog broja istraživanja. U želji da ga što bolje upoznamo, ispitujemo ga na najrazličitije načine i kroz najrazličitije kriterije - spol, dob, intelektualni status, tjelesnu konstituciju, opći zdravstveni status, psihopatologiju, stanje

sluha, vokalnu patologiju, profesionalni status, rasnu ili etničku pripadnost, socio-ekonomski status, itd.

Cilj ovog rada bio je utvrditi neke osnovne i opće akustičke značajke muškoga glasa pri fonaciji vokala /a/, /u/ i /i/ (kakve poznajemo u hrvatskom jeziku) što je učinjeno akustičkom analizom koja je provedena analizatorom zvuka u realnom vremenu (Real-time Frequency Analyzer, Bruel & Kjaer, model 2123). Kao osnovne akustičke značajke ispitivani su fo, intenzitet fo i jitter. U nastojanju da dobijemo što univerzalnije vrijednosti navedenih varijabli, u uzorak ispitanika uključeni su pripadnici različitih populacija (rasa) - Evropljani, Afrikanci i Amerikanci (crnci i bijelci). Istovremeno je ispitano koliko se, s obzirom na ispitivane akustičke značajke, razlikuju vokali /a/, /u/ i /i/ te jesu li te razlike statistički značajne.

Prosječna fo ukupnog uzorka od najnižeg do najvišeg vokala kreće se u rasponu od 103,9-110,1 Hz, tj. niža je od 120 Hz, vrijednosti fo muškoga glasa koja se najčešće navodi kao prosječna, pa možemo zaključiti da uzorak ispitanika pripada kategoriji dubokih muških glasova - basova. Distribucija rezultata (v. tablicu 2 i sliku 1) ukazuje na opreku niski vokal /a/-visoki vokali /u/ i /i/ koja je najistaknutija na varijabli fo/Hz što su potvrdili i rezultati t-testa za parove

subvarijabli. Statistički značajne razlike na varijabli fo/Hz između ispitivanih vokala pokazuju da je fenomen inherentne frekvencije osnovnog laringealnog tona vrlo bitna akustička značajka vokala.

Osim na varijabli fo/Hz, t-testom je dobivena statistički značajna razlika između niskog vokala /a/ i visokih vokala /u/ i /i/ i na varijabli intenzitet fo/dB, dok na varijabli jitter takvih razlika nema.

S obzirom na dobivene rezultate, možemo zaključiti da se osnovne akustičke značajke muškoga glasa bitno razlikuju prilikom produkcije vokala /a/, /u/ i /i/, odnosno da su one bitno unutarnje obilježje vokala. To se prvenstveno odnosi na fo, a zatim na intenzitet fo. Ovdje vokali /u/ i /i/ pokazuju veliku sličnost, odnosno razliku u odnosu na vokal /a/. Ako spomenute akustičke značajke promatramo kao posljedicu intralaringealnog settinga, odnosno konfiguracije laringealnog mehanizma, tada se nameće misao da je i fiziološka pozadina vokala /u/ i /i/ međusobno slična, odnosno različita od vokala /a/ zbog čega možemo zaključiti da postoji bitna razlika u fiziološko-akustičkim obilježjima niskih i visokih vokala što svakako treba uzeti u obzir pri uspoređivanju rezultata istraživanja, provedbi istraživanja kao i u kliničkoj praksi u području ljudskoga glasa.

## Literatura

1. Andrews, M.L. (1995): Manual of voice treatment, Singular Publishing Group, Inc., San Diego, California.
2. Aronson, A.E. (1990): Clinical Voice Disorders: An Interdisciplinary Approach, Thieme Inc., New York.
3. Baer, T., Gore, J.C., Gracco, L.C., Nye, P.W. (1991): Analysis of vocal tract shape and dimensions using magnetic resonance imaging: Vowels, Journal of Acoustical Society of America, 90, 2, 1, 799-828.
4. Bakran, J., Stamenković, M. (1990): Inherentna frekvencija laringalnog tona u hrvatskom standardnom govoru, Govor, VII, 1, 2-19.
5. Bertapelle, N. (1993): Nasljedni i društveni čimbenici glasa, Govor, X, 2, 31-45.
6. Bolfan - Stošić, N. (1994): Okrivanje, prepoznavanje i određivanje poremećaja glasa djece predškolske dobi, Magistarski rad, Fakultet za defektologiju, Zagreb.
7. Bolfan - Stošić, N. (1995): Promjene periodiciteta za vrijeme fonacije u djece s disfonijama i djece bez disfonija, Zbornik referatov, Logopedija danas za jutri, V. srećanje logopedov Slovenije, Radenci, str 14 - 21.
8. Britto, A.I., Doyle, P.C. (1990): A comparison of habitual and derived optimal voice fundamental frequency values in normal young adult speakers, Journal of Speech and Hearing Disorders, 55, 476-484.
9. Coleman, R.F., Henn-Mabis, J., Kidd-Hinson, J. (1977): Fundamental frequency-sound pressure level profiles of adult male and female voices, Journal of Speech and Hearing Research, 20, 197-204.
10. Deal, R.E., Emanuel, F.W. (1978): Some waveform and spectral features of vowel roughness, Journal of Speech and Hearing Research, 21, 250-264.
11. Deem, J.F., Manning, W.H., Knack, J.V., Matesich, J.S. (1989): The automatic extraction of pitch perturbation using microcomputers: some methodological consideration, Journal of Speech and Hearing Research, 32, 689-697.

12. Deem, J.F., Manning, W.H., Knack, J.V., Matestich, J.S. (1991): Comparison of pitch perturbation extraction procedures with adult male and female subjects, *Folia Phoniologica*, 43, 234-245.
13. Emanuel, F.W., Whitehead, R.L. (1978): Harmonic levels and vowel roughness, *Journal of Speech and Hearing Research*, 22, 829-840.
14. Erickson, D., Baer, T., Harris, K.S. (1983): The role of the strap muscles in pitch lowering. U: Bless, D.M., Abbs, J.H.: *Vocal fold physiology: contemporary research and clinical issues*, College-Hill Press, San Diego, California, 279-285.
15. Green, M.C.L., Mathieson, L. (1991): *The voice and its disorders*. Whurr Publishers Ltd, London and New Jersey.
16. Hirano, M., Kurita, S., Nakashima, T. (1983): Growth, development and aging of human vocal folds. U: Bless, D.M., Abbs, J.H.: *Vocal Fold Physiology: Contemporary Research and Clinical Issues*. College-Hill Press, San Diego, California, 22-43.
17. Honda, K. (1983): Relationship between pitch control and vowel articulation. U: Bless, D.M., Abbs, J.H.: *Vocal fold physiology: contemporary research and clinical issues*, College-Press, San Diego, California, 286-299.
18. Jelaković, T. (1978): *Zvuk - sluh - arhitektonska akustika*, Školska knjiga, Zagreb.
19. Kaplan, H.M. (1960): *Anatomy and physiology of speech*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York/Toronto/London.
20. Leahy, M.M., Stemple, J. (1989): *Aspects of the anatomy and physiology of speech*. U: Leahy, M.M.: *Disorders of communication: The science of intervention*, Whurr Publishers Ltd, London and New Jersey.
21. Linville, S.E., Korabic, E.W., Rosera, M. (1990): Intraproduction variability in jitter measures from elderly speakers, *Journal of Voice*, vol. 4, No. 1, 45-51.
22. Milenkovic, P. (1987): Least mean square measures of voice perturbation, *Journal of Speech and Hearing Research*, 30, 529-538.
23. Morris, R.J., Brown, W.S., Hicks, D.M., Howell, E. (1995): phonational profiles of male trained singers and nonsingers, *Journal of Voice*, vol. 9, No. 2, 142-148.
24. Murry, T., Doherty, E.T. (1980): Selected acoustic characteristics of pathologic and normal speakers, *Journal of Speech and Hearing Research*, 23, 361-369.
25. Nittrouer, S., McGowan, R.S., Milenkovic, P.H., Beehler, D. (1990): Acoustic measurements of men's and women's voices: A study of context effects and covariation, *Journal of Speech and Hearing Research*, 33, 761-775.
26. Orlikoff, R.F., Baken, R.J. (1990): Consideration of the relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter, *Folia Phoniologica*, 42, 31-40.
27. Pittam, J. (1994): *Voice In social interaction: an interdisciplinary approach*, SAGE Publications International Educational and Professional Publisher, Thousand Oaks/London/New Delhi.
28. Sussman, J.E., Sapienza, C. (1994): Articulatory, developmental, and gender effects on measures of fundamental frequency and jitter, *Journal of Voice*, vol. 8, No. 2, 145-156.
29. Sapir, S. (1989): The intrinsic pitch of vowels: Theoretical, physiological, and clinical consideration, *Journal of Voice*, vol. 3, No. 1, 44-51.
30. Sundberg, J., Askenfelt, A. (1983): Larynx height and voice source: a relationship? U: Bless, D.M., Abbs, J.H.: *Vocal Fold Physiology: Contemporary Research and Clinical Issues*, College-Press, 307-316.
31. Škarić, I. (1990): *Govorni dijelovi, III dio*. U: Babić, S., Brozović, D., Moguš, M., Pavešić, S., Škarić, I., Težak, S.: *Povijesni pregled, glasovi i oblici hrvatskog jezika*. Globus, Zagreb, 281-372.
32. Vieira, M.N., McInnes, F.R., Jack, M.A. (1997): Comparative assessment of electroglottographic and acoustic measures of jitter in pathological voices, *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 40, 170-182.



## BASIC ACOUSTICAL CHARACTERISTICS OF MALE VOICE AND THEIR CHANGES IN VOWELS /a/, /u/ AND /i/

### Abstract

Gender vocal characteristics could be described in terms of acoustics and psychoacoustics. The purpose of this study was to examine some basic acoustical characteristics of male voice -  $f_0$ , intensity of  $f_0$ , and jitter. Considering the fact that these characteristics are dependent on intralaryngeal configuration which is very complex, the aim was to examine their variability in vowels /a/, /u/ and /i/.

The sample consisted of 27 male adults without vocal pathology. The task was to phonate vowels /a/, /u/ and /i/. Sustained phonation was acoustically analysed by a Real-time Frequency Analyzer (Bruel & Kjaer, type 2123). The results of t-test suggest the opposition low vowel /a/-high vowels /u/ and /i/ on variables  $f_0$ , and intensity of  $f_0$ , showing that, together with the intrinsic pitch of the vowel, the intensity itself is also an important intrinsic characteristic of the vowel.