
UDK 801.41: 111 852
Izvorni znanstveni rad

Prihvaćeno 05.11.1999.

Gordana Varošaneć - Škarić,
Filozofski fakultet, Zagreb
Hrvatska

DULJINA IZGOVORNOGA PROLAZA I UGODA GLASA

SAŽETAK

Željelo se ispitati koliki je utjecaj duljine izgovornoga prolaza na procjenu ugone glasa, prvenstveno razlikuju li se glasovi profesionalci i neprofesionalci prema toj fizičkoj osobini. Drugo, htio se utvrditi odnos između duljine prolaza i subjektivne procjene jakosti glasa i opsega njegova izvora (prostiranja). Utvrđeno je da postoji značajna veza između duljine izgovornog prolaza i ugone glasa, jakosti i prostiranja. Rezultati pokazuju da ugodni muški glasovi imaju značajno dulji vokalni trakt izmjereno iz frekvencije F_4 (20,36 cm) i iz uprosječenih vrijednosti iz F_4 i viših formantata (19,1 cm) od neugodnih glasova (18,69 i 18,02 cm) i od prosječno ugodnih glasova (18,98 i 18,11 cm) te da ženski ugodni glasovi imaju značajno dulji vokalni trakt (17,52 cm) od neugodnih (16,61 cm). Skupina glumaca ima značajno dulji vokalni trakt (19,89 i 18,76 cm) od novinara i neprofesionalaca (18,58 i 17,82 cm), a glumice imaju značajno dulji vokalni trakt mjereno iz F_4 (17,92 cm) od neprofesionalki (17,0 cm). Može se zaključiti da se glumci primaju na studij i zbog fizičke predispozicije duljih izgovornih prolaza.

Ključne riječi: duljina izgovornoga prolaza, ugodna glasa, estetika glasa

UVOD

Poznato je da je larinks važan za boju glasa, a kako je i duljina izgovornoga prolaza također anatomska parametar, željelo se ispitati koliki je utjecaj te fizičke osobine na procjenu glasove kvalitete, prvenstveno ugođe. Efektivna duljina za vrlo dobre muške glasove same laringalne cijevi jest prema Bartholomewu (1934) oko 3 cm, a ovaj rad želi odgovoriti na pitanje kolika je duljina cijeloga izgovornoga prolaza ugodnih glasova. Ako žene imaju i nešto manji larinks, logično je očekivati da će im i duljina izgovornoga prolaza biti kraća, i u usporedbi s prosječnim muškim glasovima, i u usporedbi s ugodnim muškim glasovima. Prosječna anatomska duljina vokalnog trakta odraslog muškarca je 17,5 cm (Fant 1970, te prema: Laver 1995:410, Laver 1996:111), dok Škarić donosi nižu vrijednost od prosječno 17 cm u odrasla muškarca (Škarić, 1991:180). Neka druga istraživanja donose prosječno više vrijednosti za duljinu muškoga vokalnog trakta. Tako Bertapelle (1993) dobiva prosječnu vrijednost duljine vokalnog trakta za trideset muških glasova 0,193 m (19,3 cm) izmjereno na temelju sonografske analize zvuka u izgovoru neutralnog vokala iz F₃, a Varošaneć-Škarić (1998a) za 104 muška glasa dobiva prosječnu vrijednost 19,17 cm izmjereno na temelju LTASS (Long Term Average Speech Spectrum) iz F₄ i 18,28 cm uprosječivanjem vrijednosti na temelju F₄ i nekoliko viših formantata. Za ženske glasove Bertapelle (1993) dobiva prosječnu vrijednost duljine izgovornog trakta 0,165 m (16,5 cm), a Varošaneć-Škarić (1998a) 17,34 cm i 17,42 cm. Ženska se anatomija vokalnog trakta ne može uzeti kao umanjena verzija muškog vokalnog trakta, jer je ta razlika u duljini (Laver, 1995) premala s obzirom na to koliko se muški i ženski glasovi međusobno razlikuju. Na akustiku, frekvencije formantata utječe i način uporabe, ali i različitost oblika, promjera napose faringalne šupljine žene i muškaraca. Kako kaže Fant (1973, prema: Laver 1995:410) ženama je u vokalnom traktu proporcija odnosa između duljine farinksa do ustiju različita od tipično muške proporcije odnosa, pa je izravna usporedba vrlo složena. U vezi s estetikom pjevačkih i glumačkih glasova tim se odnosima bavio Sundberg (1974, 1987). Budući da su ženski glasovi viši, moguće je da njihovi harmonici rjeđe ugadaju rezonantnim frekvencijama izgovornog prolaza, što može djelovati na izgled LTASS ženskih glasova. Ovo je pak istraživanje s jedne strane nastojalo utvrditi utječe li duljina izgovornog prolaza na procjenu ugođe glasa, odnos između duljine izgovornog prolaza i subjektivne procjene jakosti glasa i opsega izvora glasa (prostiranja glasa) te razlikuju li se glasovi profesionalci i neprofesionalci prema toj fizičkoj osobini.

METODA

Uvod

U uzorku su stoga bili podjednako zastupljeni glasovi profesionalaca (glumci, televizijski glasovi) i glasovi neprofesionalaca, ukupno 207 glasova (104 muška glasa i 103 ženska glasa). Uvježbani procjenitelji (N = 36, profesionalni procjenitelji fonetičari HRT = 8, studenti 3. godine fonetike = 28) nisu znali

podatke o duljini izgovornoga prolaza. Oni su samo procjenjivali stupanj ugone glasova i ostale dimenzije subjektivne procjene na ljestvici od 7 stupnjeva (Varošaneć-Škarić, 1998a) u normalnom redosljedu zvuka nefrikativnog teksta (tekst bez nekih frikativa i afrikata), kako izgovor suglasnika s, š, z, ž, c, č, ć, dž, d ne bi utjecao na procjenu ugone glasa samoga, i u obrnutom redosljedu zvuka da bi se izbjegli mogući utjecaji izgovora samoglasnika (standardni ili nestandardni) te mogućih pogrješaka u izgovoru naglasaka. Učinjene su kroskorelacije podataka o virtualnoj duljini izgovornog prolaza, procjene ugone, jakosti glasa i obujma izvora glasa (subjektivna procjena prostiranja izvora zvuka u cm promjera kugle). Da bi se dimenzije subjektivne procjene mogle međusobno uspoređivati te da bi se mogle uspoređivati i s mogućim različitim akustičkim objektivnim dimenzijama, uvjeti snimanja i uvjeti slušanja prigodom procjene uvijek su isti (opisani u Varošaneć-Škarić, 1998a; 1998b). Primijenjen je i postupak ANOVA radi utvrđivanja značajnosti razlika između podskupina dimenzije ugone (ugodni ili lijepi, prosječni, neugodni ili ružni glasovi). Posebno su se utvrđivale razlike u duljini izgovornoga prolaza prema varijabli zanimanja, jer ovaj rad želi odgovoriti na pitanje imaju li glasovi profesionalci, prvenstveno scenski glumci i značajne fizičke, anatomske osobine izgovornoga prolaza i utječe li ta fizička osobina na procjenu ugone glasa.

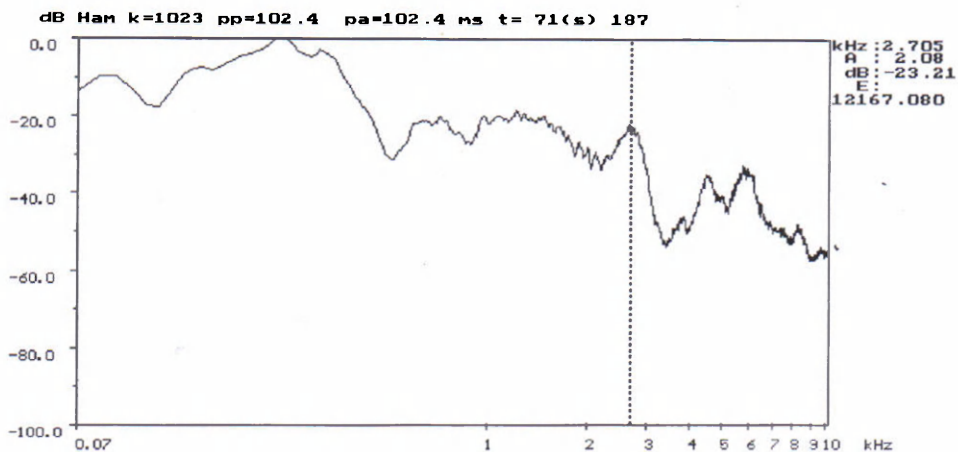
Virtualna duljina govornog trakta

Kada govorimo o duljini vokalnog trakta, čvrsti je akustički parametar iz kojeg se računa duljina izgovornog prolaza (L) frekvencija visokih formanata te se duljina vokalnog trakta računa prema formuli (oblikovana prema: Škarić, 1991), a koja je izvedena iz formule za rezonantne frekvencije koje ovise o duljini cijevi od glasnica do usana, koja je zatvorena na jednom kraju (Fant, 1970):

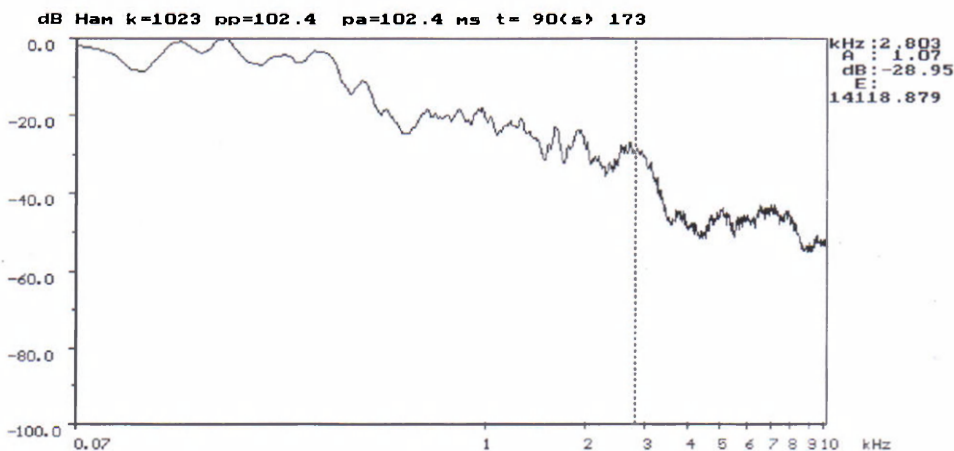
$$L = \frac{n \cdot v}{4 \cdot f(n)}$$

$f(n)$ = frekvencija formanta koji smo uzeli; n = neparni brojevi pripadajućih formanta ($1 = F_1$, $3 = F_2$, $5 = F_3$, $7 = F_4$, $9 = F_5$, itd.); $v = 34\,440$ cm/s (brzina zvuka u zraku). Primjerice, ako je rezonantna frekvencija $F_4 = 2700$ Hz izmjerena iz dugotrajnoga prosječnog spektra govora, virtualna duljina izgovornoga prolaza bit će 22,2 cm (Slika 1), ako je frekvencija F_4 2803 Hz, duljina izgovornoga prolaza je 21,47 cm (Slika 2), ako je F_4 3691 Hz, duljina prolaza je 16,30 cm itd. U ovom istraživanju bila su dva parametra duljine izgovornog prolaza: 1. duljina izračunata iz frekvencije četvrtog formanta; 2. duljina koja je dobivena uprosječivanjem te duljine i nekoliko duljina dobivenih računanjem iz frekvencija viših formanta u spektru (primjerice F_5 , F_6 , ...). Ako se duljina izgovornog prolaza računa iz frekvencije F_4 i frekvencije vrhova viših formanta, izbjegne se utjecaj vokalskih formanta i preteže utjecaj

Slika 1. LTASS s označenom frekvencijom F_4 (glumački prvak)
Figure 1. LTASS with a marked F_4 frequency (a leading actor)



Slika 2. LTASS s označenom frekvencijom F_4 (glumački prvak)
Figure 2. LTASS with a marked F_4 frequency (a leading actor)



ckstravokalskog, tj vokalnog dijela spektra, što znači da je izračunata duljina bliža stvarnom anatomskom parametru duljine izgovornog prolaza. U ovom se radu koristim terminom virtualna duljina vokalnog trakta, jer frekvencije formanta nisu dobivene u neutralnom položaju larinksa nego tijekom govora, a tekst je uključivao naravnu raspodjelu vokala u hrvatskom. Sto je niža frekvencija četvrtog i viših formanata, to je veća duljina vokalnog trakta i obrnuto. Još jednom treba naglasiti da se nije radilo o stacionarnom tonu glasa, nego o tonu koji normalno varira u govoru s intonacijom, pa je vjerojatno da su se pojavljivali harmonici koji su ugadali rezonantnoj frekvenciji izgovornoga prolaza. Da bi se dobila što približnija frekvencija F_4 i viših formanata, vrijednosti su se očitovale na sredini formanata (primjerice slike 1 i 2). Napomenimo usput da niži osnovni tonovi ne stvaraju prividno niže rezonantne vrhove, nego to stoji samo za F_0 (nulti formant), koji i nije rezonantni formant, i donekle za F_1 , a za ostale formante (F_3 , F_4 itd.) ne, jer oni rezoniraju na harmonike s najbližom im frekvencijom. Pri usporedbi izgovora glasnika, moguć je i slikovit trodimenzionalni prikaz vokalnog trakta postupkom trodimenzionalnog ultrazvuka i magnetske rezonancije oslikavanja, koji se već provodi i u fonetskim istraživanjima (Foldvik i dr., 1995).

REZULTATI

Rezultati kroskorelacija duljine vokalnoga trakta i ugone te subjektivne procjene jakosti i opsega izvora glasa

Rezultati pokazuju da postoje značajni pozitivni korelacijski koeficijenti između ugone glasa i duljine vokalnog trakta posebno za muškarce prema procjeni u normalnom redosljedu zvuka te prema procjeni ugone u obrnutom zvuku ($r=0,38$; $p<0,001$) (Tablica 1). Kod ženskih glasova značajniji su korelacijski koeficijenti bili prema procjeni normalnog redosljeda zvuka ($r=0,28$; $p=0,004$) (Tablica 2). Utvrđeni su i značajni korelacijski koeficijenti za muške glasove između duljine izgovornoga prolaza i jakosti glasa ($r=0,45$; $p<0,001$), duljine prolaza i opsega izvora glasa (prostiranja) ($r=0,47$; $p<0,001$) te slično za ženske glasove s nešto manjim korelacijskim koeficijentima. Najveća je korelacija kod muških glasova između prostiranja i ugone ($r=0,86$) te između prostiranja i jakosti ($r=0,95$) i kod ženskih glasova između prostiranja i ugone ($r=0,63$) te između jakosti i prostiranja ($r=0,91$) uvijek s $p<0,0001$.

Rezultati postupka ANOVA

Duljina izgovornoga prolaza prema podskupinama dimenzije ugone glasa

I ANOVA je potvrdila da ugodni muški glasovi prema procjeni u oba stimulusa imaju značajno dulji vokalni trakt: u obrnutom zvuku iz 1. mjerenja 20,36 cm; ($F(2, 101) = 6,25$; $p<0,01$), iz 2. mjerenja 19,1 cm; ($F(2, 101) = 8,26$; $p=0,0005$) od neugodnih glasova (18,69 cm i 18,02 cm) te od prosječno ugodnih glasova (18,98 cm i 18,11 cm) (Tablica 3).

Tablica 1. Korlacijski koeficijenti između duljine izgovornog prolaza i varijabli slušne procjene (muškarci)

Table 1. Correlation coefficients between vocal tract size and auditory evaluation-related variable (males)

	rlnz	rloz	sjnz	sjoz	psnz	psoz
LF4	0,3292	0,3831	0,4528	0,4293	0,4621	0,45
p	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
LF4V	0,3252	0,372	0,4068	0,4547	0,4544	0,477
p	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Skraćenice:

LF4	duljina izgovornog prolaza izračunata iz frekvencije F ₄
LF4V	duljina izgovornog prolaza dobivena uprosječivanjem duljine iz F ₄ i frekvencija viših formanta
rlnz	procjena ugone glasa (ružan-lijep) u normalnom redosljedu zvuka
rloz	procjena ugone glasa (ružan-lijep) u obrnutom redosljedu zvuka
sjnz	procjena jakosti glasa (slab-jak) u normalnom redosljedu zvuka
sjoz	procjena jakosti glasa (slab-jak) u obrnutom redosljedu zvuka
psnz	procjena obujma izvora glasa (u cm promjera kugle) u normalnom redosljedu zvuka
psoz	procjena obujma izvora glasa (u cm promjera kugle) u obrnutom redosljedu zvuka

Abbreviations:

LF4	vocal tract size as assessed from F ₄ frequency
LF4 V	vocal tract size as assessed by averaging the size from F ₄ and frequency of higher formants
rlnz	an assessment of voice pleasantness (pleasant-unpleasant) in normal voice sequence
rloz	an assessment of voice pleasantness (pleasant-unpleasant) in reverse voice sequence
sjnz	an assessment of voice intensity (weak-strong) in normal voice sequence
sjoz	an assessment of voice intensity (weak-strong) in reverse voice sequence
psnz	an assessment of voice source volume (per cm of ball diameter) in normal voice sequence
psoz	an assessment of voice source volume (per cm of ball diameter) in reverse voice sequence

Tablica 2. Korlacijski koeficijenti između duljine izgovornog prolaza i varijabli slušne procjene (žene)

Table 2. Correlation coefficients between vocal tract size and auditory evaluation-related variable (females)

	rlnz	rloz	sjnz	sjoz	psnz	psoz
LF4	0,2571	0,2462	0,2793	0,2496	0,2645	0,2916
p	0,009	0,012	0,004	0,011	0,007	0,003
LF4V	0,2832	0,1986	0,388	0,3429	0,3504	0,3274
p	0,004	0,044	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Tablica 3. Duljina izgovornog prolaza (u cm) prema procjeni dimenzije ugone u obrnutom zvuku (podskup.: muškarci)

		LF4	LF4V
lijepi pleasant	sr	20,36 *	19,10**
	sd	1,30	0,86
	min	18,51	17,73
	maks	22,82	20,97
prosječni average	sr	18,98	18,11
	sd	1,70	1,00
	min	15,80	16,13
	maks	22,21	20,53
ružni unpleasant	sr	18,69	18,02
	sd	1,88	1,11
	min	14,99	16,22
	maks	21,70	19,55

Tablica 4: Duljina izgovornog prolaza (u cm) prema procjeni normalnog redosljeda zvuka (podskupine: žene)

Table 4: Vocal tract size according to the assessment in normal voice sequence (sub-groups: females)

		LF4	LF4V
lijepi pleasant	sr	17,52 *	17,74 *
	sd	0,63	0,70
	min	16,39	16,28
	maks	18,79	18,71
prosječni average	sr	17,53 *	17,49 *
	sd	1,07	0,79
	min	15,11	15,83
	maks	19,94	20,61
ružni unpleasant	sr	16,61	16,88
	sd	1,07	0,81
	min	14,99	15,78
	maks	19,14	19,19

* p = 0,001

** p < 0,001

Skracenicice: sr - sredina u cm, sd - raspršenje, min - minimalna vrijednost u cm, maks - maksimalna vrijednost u cm.

Abbreviations: sr - mean in cm, sd - standard deviation, min - minimal value in cm; maks - maximal value in cm

Ženski ugodni glasovi imaju značajno dulji vokalni trakt mjereno iz F_4 17,52 cm; ($F(2, 100) = 6,74$; $p=0,001$) od skupine neljepih, neugodnih ženskih glasova (16,61 cm) prema procjeni ugone u normalnom redosljedu zvuka, a imali su i najmanje raspršenje među skupinama (Tablica 4). Prema tome mjerenu prosječno ugodni ženski glasovi imali su prosječnu duljinu vokalnog trakta 17,53 cm, što je gotovo jednaka vrijednost prolaza i ugodnih ženskih glasova. I prema drugome mjerenu ženski ugodni glasovi i prosječno ugodni glasovi imali su značajno dulji izgovorni prolaz od neugodnih ženskih glasova ($F(2, 100) = 6,79$; $p = 0,001$). Prema ovome mjerenu prosječno najdulji izgovorni prolaz imaju ženski najljepši glasovi (17,74 cm) i najmanje raspršenje među skupinama.

Na osnovi istraživanja Varošaneć-Škarić (1998a) za prosječne vrijednosti muškoga (N=104) i ženskoga vokalnog trakta (N=103) izračunalo se da je prosječni muški vokalni trakt 9,55% dulji od ženskoga vokalnog trakta po vrijednostima dobivenim na temelju F_4 , dok je ta razlika prema drugom mjerenu

4,7%, budući da su prema drugom mjerenju muškarci imali prosječno nešto niže vrijednosti virtualnoga vokalnoga trakta nego u prvom mjerenju, a žene obrnuto. Prvi podatak odgovara podatku Titzca (1991:237), prema kojem se duljina muškog i ženskog vokalnog trakta razlikuje prosječno 10-20%. Znakovito je stoga da unutar istoga spola u prvom mjerenju muškarci s vrlo ugodnim glasom imaju čak za 8,2% dulji vokalni trakt od muškaraca s neugodnim glasom, a prema drugom mjerenju za 5,6% dulji izgovorni prolaz, dok ugodni ženski glasovi u prvom mjerenju imaju za 5,2% dulji virtualni izgovorni prolaz od žena s neugodnim glasovima, a u drugome mjerenju za 4,8% dulji prolaz. Zanimljivo je s jedne strane da je uvijek manja standardna devijacija kod ugodnih ženskih glasova nego kod ugodnih muških glasova, a s druge strane da kao i ugodni muški glasovi imaju manje raspršenje od prosječno ugodnih i neugodnih glasova. To znači da je i raspon duljine ugodnih muških glasova veći nego raspon ugodnih ženskih glasova, da se one manje razlikuju u duljini vokalnog trakta od muškaraca. Vidljivo je to i iz minimalnih vrijednosti koje su veće za ženske ugodne glasove nego za ostale podskupine, ali maksimalne vrijednosti su veće kod ostalih podskupina, prelaze 19 cm (Tablica 4). Prosječno najkraći vokalni trakt ima skupina neugodnih ženskih glasova (16,61 i 16,88 cm). Dakle, duljina vokalnog trakta pokazuje se jednim od čimbenika ugođe, a ugodan ženski glas ne prelazi vrijednost iznad oko 18,7 cm. To je zanimljivo i sa stajališta prosječne fundamentalne frekvencije ugodnih ženskih glasova (Varošaneć-Škarić, 1998a), jer se pokazalo da se ženski glas s izrazito niskom prosječnom fundamentalnom frekvencijom (poput muškoga prosjeka), virilan ženski glas, ne svrstava u skupinu najljepših. Prema procjeni ugođe u obrnutom zvuku nije bilo statistički značajnih rezultata, iako ostaje da je prosječno najkraći vokalni trakt neugodnih ženskih glasova i ponovno je najmanje raspršenje kod ugodnih ženskih glasova.

Iz podataka, dakle, možemo zaključiti da je duljina izgovornoga trakta znakovito vezana za ugođu glasa, iako ljepotu glasa određuju i drugi čimbenici, napose boja glasa, raspored relativne spektralne energije u spektru (Varošaneć-Škarić, 1998b) i ostali anatomske i morfološke odnose u supraglotičkom prostoru, primjerice veličina laringealne cjevčice (Bartholomew, 1934) te odnos poprečnoga presjeka laringealne i faringealne cijevi (Sundberg, 1974, 1987). Mattingly (1966) navodi pak da razlike između rasporeda muških i ženskih formantata i nisu prvenstveno fizičkoga uzroka zbog duljine određenoga trakta, nego da na njih utječe i lingvistička konvencija, razlika između muškoga i ženskoga načina govora. Međutim, to baš nije lako dokazivo.

Dimenzije slušne procjene prema varijabli zanimanja

Prema rezultatima procjene obaju zvučnih stimulusa postoje statistički značajne razlike među podskupinama u dimenzijama slušne procjene. Primjerice prema procjeni ugođe u obrnutom zvuku spikerski glasovi procijenjeni su značajno ugodnijim (srednja vrijednost: sv: 5,55) ($F(3, 100) = 14,82; p < 0,0001$) od glasova neprofesionalaca (sv= 3,46), od novinara (sv= 4,09) i od glumaca (sv= 4,17), dok

prema procjeni u normalnom redosljedu zvuka spikerski glasovi nisu bili značajno ugodniji od glumačkih glasova. Muški glumački glasovi, koji su respektivno odmah poslije spikerskih glasova, procijenjeni su značajno ugodnijim od skupine neprofesionalaca. Ženski spikerski glasovi procijenjeni su prema normalnom redosljedu zvuka značajno ugodnijim ($sv=4,95$) ($F(3, 99) = 27,54$; $p<0,0001$) od glasova neprofesionalke ($sv= 3,05$), od glumica (3,5) i od novinarki (4,02). Glasovi novinarki procijenjeni su značajno ugodnijima od skupine neprofesionalke. I prema procjeni u obrnutom zvuku glasovi spikerica procijenjeni su značajno ugodnijima ($sv=4,48$) ($F(3, 99) = 14,07$; $p<0,0001$) od glasova neprofesionalke ($sv= 3,32$) i od glasova glumica ($sv= 3,73$), a ponovno su glasovi novinarki procijenjeni značajno ugodnijima od glasova neprofesionalke. Zanimljivo je da je najmanje raspršenje u procjeni ugone glasova imala skupina glumica ($sd= 0,52$).

Glumački su glasovi procijenjeni značajno jačim i značajno opsežnijeg izvora glasa, prostraniji od glasova neprofesionalaca, a spikerski glasovi značajno jačim i većeg obujma izvora glasa od drugih skupina.

Muški glumački glasovi u normalnom redosljedu zvuka procijenjeni su značajno jačim od skupine neprofesionalaca, a glasovi spikera procijenjeni su također jačim od neprofesionalaca te novinara i glumaca ($F(3, 100) = 21,43$; $p<0,0001$). Prosječno najjačim izvorom glasa procijenjeni su glasovi spikera ($sv = 5,83$), zatim glumaca ($sv = 5,00$). U obrnutom zvuku procijenjeni su značajno jačim ($p < 0,0001$) glasovi spikera i glumaca od skupine neprofesionalaca. U procjeni jakosti izvora glasa u normalnom redosljedu zvuka glasovi spikerica procijenjeni su prosječno najjačim (4,79) i značajno jačim od svih ostalih skupina, a također su značajno jačeg izvora glasa procijenjeni glasovi glumica i novinarki od skupine neprofesionalke ($F(3, 98) = 14,26$; $p<0,0001$). Glasovi neprofesionalke procijenjeni su najslabijim (3,4). U procjeni jakosti izvora glasa u obrnutom zvuku značajno su jačim procijenjeni glasovi glumica (4,17) i spikerica (4,45) od glasova neprofesionalke. Zanimljivo je da je raspršenje najmanje za spikerske glasove u obje vrste stimulusa.

U normalnom redosljedu zvuka značajno su prostranijim, opsežnijim procijenjeni glasovi glumaca ($p < 0,0001$, $sv = 468,3$ cm promjera kugle) od neprofesionalaca te glasovi spikera, čiji su glasovi bili procijenjeni najprostranijim ($sv = 591,83$ cm promjera kugle) i značajno prostranijim od svih ostalih skupina. I u obrnutom zvuku skupine se jednako značajno razlikuju. Zanimljivo je da su najveće minimalne vrijednosti bile u skupini spikera, potom glumaca, a najveće maksimalne vrijednosti u skupini glumaca (680 cm promjera kugle).

Kao što se moglo očekivati, glasovi spikera i glumaca procijenjeni su prosječno jačim i opsežnijim od glasova glumica i spikerica. Prosječna vrijednost prostiranja u cm promjera kugle skupine glasova spikerica koji su procijenjeni značajno prostranijim od svih ostalih skupina u normalnom redosljedu zvuka ($F(3,99) = 21,25$; $p<0,0001$), bila je 433,34 cm. Glasovi neprofesionalke procijenjeni su najmanje prostranim (318,23 cm), dok su glasovi glumica i novinarki bili procijenjeni podjednake opsežnosti (351,84 cm i 372,59 cm promjera kugle). Također su u obrnutom zvuku sve skupine glasovih profesionalke procijenjene

prostranijim od glasova neprofesionalci, a skupina spikerica značajno opsežnijim i od drugih dviju skupina glasovih profesionalci. Ponovno su najopsežnijim procijenjeni glasovi spikerica, a potom glumica, novinarki te najmanje opsežnim glasovi neprofesionalci. Glasovi spikerica i glumica imali su i najveće minimalne i maksimalne vrijednosti. Zanimljivo je da je u procjeni u obje vrste zvučnih stimulusa najmanja standardna devijacija kod procjene opsežnosti glasova glumica: u normalnom redosljedu zvuka $sd = 29,63$ i u obrnutom redosljedu $sd = 34,27$, dok je najveće raspršenje u skupini spikerica ($sd = 77,53$ i $sd = 53,42$).

Duljina izgovornoga prolaza prema varijabli zanimanja

Utvrđilo se da skupina glumaca ima značajno veću duljinu vokalnog trakta u oba mjerjenja: 1. iz frekvencije F_4 : 19,89 cm, ($F(3, 99) = 6,9$; $p=0,0003$); 2. uprosječivanjem iz F_4 i iz frekvencija viših formanta: 18,76 cm. ($F(3, 100) = 7,55$; $p=0,0001$) od skupine novinara (18,06 cm i 17,86 cm) i neprofesionalaca (18,58 cm i 17,82 cm) (Tablica 5).

Tablica 5. Prosječna duljina izgovornog prolaza (u cm) u varijabli zanimanje (muškarci)

Table 5. An average vocal tract size under profession-related variable (males)

		LF4	LF4V
neprofesionalci n = 41 voice unprofess.	sr	18,58	17,82
	sd	1,97	1,07
	min	14,99	16,22
	maks	22,29	20,53
glumci n = 40 actors	sr	19,89**	18,76***
	sd	1,32	0,96
	min	16,30	16,05
	maks	22,25	20,97
spikeri n = 12 announcers	sr	19,92	18,69
	sd	1,21	0,82
	min	18,62	17,67
	maks	22,82	19,89
novinari n = 10 reporters	sr	18,06	17,86
	sd	1,44	0,81
	min	16,01	16,13
	maks	20,54	19,19

* $p < 0,01$ ** $p < 0,001$ *** $p < 0,0001$

To znači da prema prvom mjerenju glumci imaju 6,6% dulji vokalni trakt od neprofesionalaca, a u drugom mjerenju 5% dulji vokalni trakt. Glumice imaju 5,1% dulji vokalni trakt od neprofesionalki. Naravno, ta je razlika između spolova veća, pa glumci imaju u prvom mjerenju 9,9% dulji vokalni trakt od glumica, a glumci imaju čak 14,5% dulji vokalni trakt od žena neprofesionalki. Općenito se može reći da su kod muških glasova dobivene nešto manje vrijednosti duljine virtualnog vokalnog trakta iz uprosječivanja vrijednosti dobivenih iz F_4 i nekoliko viših formanata (Tablica 5) te da glumci prema ovom mjerenju imaju nešto dulji vokalni trakt i od spikera.

Tablica 6. Prosječna duljina izgovornog prolaza (u cm) u varijabli zanimanje (žene)

Table 6. An average vocal tract size under profession-related variable (males)

		LF4	LF4V
neprofesionalke n = 50 voice unprofess.	sr	17,01	17,30
	sd	1,09	0,97
	min	14,99	15,78
	maks	19,57	20,61
glumice n = 21 actress	sr	17,93*	17,54
	sd	0,94	0,54
	min	16,34	16,70
	maks	19,82	18,46
spikerice n = 15 announcers	sr	17,52	17,54
	sd	0,86	0,69
	min	16,39	16,28
	maks	19,94	18,48
novinarke n = 17 reporters	sr	17,51	17,53
	sd	0,95	0,79
	min	15,37	16,14
	maks	19,14	18,77

* $p \leq 0,01$

Mogli bismo reći da na te ukupne rezultate jače utječe otvaranje ustiju u govoru glumaca od ostalih skupina, uključujući i govor spikera. Dakle, statistički neznčajni rezultati za duljinu vokalnog trakta spikerskih glasova mogli bi se protumačiti funkcionalnim razlogom između njihovih i glumačkih glasova, a statistički značajno dulje izgovorne prolaze glumačkih glasova prema neprofesionalcima i novinarima, koji su imali podjednaku duljinu vokalnog trakta, mogli bismo jednostavno objasniti anatomske bitnom razlikom. Tako glumice

imaju značajno dulji vokalni trakt prema mjerenju iz F_4 : 17,92 cm, ($F(3, 99) = 4,49$; $p=0,005$) od skupine neprofesionalke (17,0 cm). Spikerice i novinarka imaju prosječno podjednaku duljinu vokalnoga trakta: 17,52 cm i 17,51 cm. Najmanja minimalna vrijednost od 14,99 cm izmjerena je kod skupine neprofesionalke, a spikerice i glumice imaju približne minimalne vrijednosti (iznad 16 cm) te maksimalne vrijednosti (19,82 cm glumice i 19,94 cm spikerice) (Tablica 6). Iako su glasovi spikera i spikerica procijenjeni prosječno najugodnijima i značajno ugodnijima od svih skupina, a glumački su glasovi procijenjeni značajno ugodnijima samo od neprofesionalaca. ANOVA nije pokazala značajnu razliku u duljini izgovornog prolaza za muške spikerske glasove. Slikovito je da u respektivnom poretku 20 najduljih izgovornih prolaza muških glasova prema mjerenju iz F_4 ima 15 glasovih profesionalaca, među kojima je 12 glumačkih glasova (Slike 1 i 2) i 3 spikerska, a u skupini 20 najduljih ženskih izgovornih prolaza ima 14 glasova glasovih profesionalki, od kojih je 8 glumica i 6 televizijskih glasova. Prema drugome mjerenju u skupini od 20 najduljih muških izgovornih prolaza ima 17 glasovih profesionalaca, i to 12 glumaca i 5 spikera, a kod žena je 12 glasovih profesionalki, i to 6 glumica i 7 televizijskih glasova.

ZAKLJUČAK

Rezultati pokazuju da postoje značajni pozitivni korelacijski koeficijenti između ugone glasa u normalnom redosljedu zvuka i u obrnutom redosljedu zvuka te duljine vokalnog trakta posebno za muškarce ($r = 0,38$, $p < 0,0001$), a kod ženskih glasova postoji jedino značajna korelacija između duljine vokalnog trakta i ugone glasa prema procjeni u normalnom redosljedu zvuka ($r = 0,28$, $p = 0,004$).

ANOVA je potvrdila da ugodni muški glasovi imaju značajno dulji vokalni trakt (20,3 cm i 19,1 cm) od neugodnih (18,6 cm i 18,0 cm) i prosječnih glasova (18,9 cm i 18,11 cm) te da ženski ugodni glasovi imaju značajno dulji izgovorni prolaz (17,5 cm) od skupine neugodnih ženskih glasova (16,6 cm).

Zanimljivo je i za ovaj rad posebno važno da skupina glumaca ima značajno veću duljinu vokalnoga trakta u oba mjerenja: iz frekvencije F_4 (19,89 cm) te iz uprosječene vrijednosti iz F_4 i viših formanta 18,76 cm i to od skupina novinara (18,0 cm i 17,8 cm) i glasovih neprofesionalaca (18,5 cm i 17,8 cm). Također se utvrdilo da skupina glumica ima značajno dulji vokalni trakt mjereno iz frekvencije F_4 (17,92 cm) od skupine glasovih neprofesionalki (17,0 cm). Prema svim mjerenjima koja su učinjena u ovom radu proizlazi da je najveća razlika, gledano u postocima, upravo između muškaraca glumaca i žena glasovih neprofesionalki, koja iznosi 14,5%.

Nadalje, iz ukupnih rezultata kroskorrelacija i postupka ANOVA za muške i ženske glasove varijabli subjektivne procjene jakosti glasa i opsežnosti te anatomske parametra duljine izgovornoga prolaza, može se zaključiti da duljina vokalnoga trakta više utječe na subjektivnu procjenu opsežnosti ili prostiranja nego jakosti glasa, budući da su upravo skupine glumaca i glumica imale značajno

dulji vokalni trakt, a i raspršenje im je pri procjeni opsežnosti ili prostiranja bilo manje nego kod drugih skupina.

Dakle, rezultati su pokazali da je duljina izgovornoga prolaza jedan od značajnih čimbenika ugone glasa te da je više značajnih razlika vezano za duljinu izgovornoga prolaza muških ugodnih glasova, posebno glumačkih glasova. Možemo zaključiti da se glumci primaju na studij između ostaloga i zbog fizičke predispozicije prosječno duljih izgovornih prolaza, to jest da duljina vokalnog trakta utječe na primanje glumaca.

REFERENCIJE

- Bartholomew, W. T. (1934). A Physical Definition of "Good Voice-Quality" in the Male Voice. *J. Acoust. Soc. Am.*, 6, 1, 25-33.
- Bertapelle, N. (1993). *Nasljedni i društveni čimbenici glasa*. Neobjavljeni magistarski rad. Zagreb: Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Fant, G. (1970). *Acoustic theory of speech production*. 2nd printing. The Hague - Paris: Mouton.
- Foldvik, A. K., Kristiansen, U., Kvaerness, J., Torp, A. & Torp, H. (1995). Three-dimensional ultrasound and magnetic resonance imaging: a new dimension in phonetic research. *ICPhS 95 Stockholm*. Vol. 4. 46-49.
- Laver, J. (1995). *Principles of phonetics*. 2nd edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Laver, J. (1996). *The Gift of Speech*. Edinburgh: Edinburgh Univ. Press.
- Mattingly, I. G. (1966). Speaker Variation and Vocal-Tract Size. *J. Acoust. Soc. Am.*, 39, 6: S1219A.
- Sundberg, J. (1974). Articulatory interpretation of the "singing formant". *J. Acoust. Soc. Am.*, 55, 4, 838-844.
- Sundberg, J. (1987). *The science of the singing voice*. Dekalb Illinois: Northern Illinois University Press.
- Škarić, I. (1991). Fonetika hrvatskoga književnog jezika. U R. Katičić (ur.) *Povijesni pregled, glasovi i oblici hrvatskog književnog jezika* (str. 61-376). Zagreb: HAZU i Globus.
- Titze, I. R. (1991). The human voice as a biological musical instrument. *Music, Language and Brain: Proceedings of an International Symposium at the Wenner-Gren Center* (ur. J. Sundberg, L. Nord i R. Carlson), Vol. 59, 232-242.
- Varošaneć-Škarić, G. (1998a). *Zvučne osobine glasa*. Neobjavljena disertacija. Zagreb: Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Varošaneć-Škarić, G. (1998b). Relativna spektralna energija i ugodna glasova. *Govor*, XV, 1, 1-34.

Gordana Varošanec-Škarić
Faculty of Philosophy, Zagreb
Croatia

VOCAL TRACT SIZE AND VOICE PLEASANTNESS

The aim of the paper was to establish the impact of the vocal tract size, as a physical characteristic, on the evaluation of the voice quality, first of all of pleasantness. The aim was also to establish the relationship between the vocal tract size and a subjective evaluation of voice intensity and the volume of the source of voice per centimeter of the ball diameter (distribution of the source).

The vocal tract size was measured: 1. from F4 frequency; 2. by averaging the size assessed from F4 and higher formants obtained on the basis of long-term average speech specter.

The sample covered about equally voices of professionals (actors, announcers, reporters, TV/radio hosts) and non-professionals, 207 male and female voices altogether.

Cross-correlations have been made between the virtual vocal tract size, pleasantness evaluation, voice intensity and voice distribution. The ANOVA procedure was applied in order to establish the significance of differences between sub-groups related to pleasantness (pleasant, average, unpleasant). The differences between the vocal tract size and the profession-related variable were evaluated separately for the aim of the paper was to answer the question whether the voices of professionals, stage actors in the first place, have also significant physical, anatomic characteristics of the vocal tract and whether this physical characteristic has an impact on the evaluation of voice pleasantness. Voice pleasantness, intensity and volume of the source were evaluated in normal sequence of a non-fricative standard text and a reverse sequence of voice.

The results showed significant positive correlations between voice pleasantness in both sound stimuli and the size of the vocal tract, particularly in males (in reverse sequence: $r=0.47$, $p=0.0001$). In female voices a significant correlation was shown only between voice pleasantness and the size of the vocal tract in the evaluation in normal voice sequence ($r=0.28$, $p=0.004$). Significant correlations were also found between vocal tract size and voice intensity ($r=0.45$, $p=0.0001$), vocal tract size and distribution ($r=0.47$, $p=0.0001$) for male voices and similarly for female voices with slightly lower correlation coefficients. The highest correlation in male voices was found between

distribution and pleasantness ($r=0.86$) and distribution and intensity ($r=0.95$) and in female voices between distribution and pleasantness ($r=0.63$) and intensity and distribution ($r=0.91$).

The ANOVA procedure also confirmed that pleasant male voices have a significantly longer vocal tract (from 1st measurement 20.36 cm $p=0.01$, from 2nd measurement 19.1 cm $p=0.002$) than unpleasant voices (18.69 cm, 18.02 cm) and averagely pleasant voices (18.98 cm, 18.11 cm), and that female pleasant voices have a significantly longer vocal tract as measured from F4 (17.52 cm, $p=0.001$) than the group of unpleasant, ugly female voices (16.61 cm) according to the assessment in a normal sequence of voice. Although according to that assessment an average vocal tract size of average pleasant female voices was 17.53 cm, which is almost the same as the tract size of pleasant female voices, pleasant female voices did not significantly differ from the group of unpleasant female voices, because it was exactly the pleasant female voices that among groups showed the lowest standard deviation ($sd=0.63$).

Relative to the profession-related variable it was established that a group of actors had a significantly longer vocal tract size in both measurements (1. from F4 frequency: 19.89 cm, $p=0.0003$; 2. by averaging from F4 and a frequency of higher formants: 18.76 cm, $p=0.0001$) than a group of reporters (1. 18.06 cm and 2. 17.86 cm) or a group of non-professionals (1. 18.58 cm, 2. 17.82 cm). Actresses have a significantly longer vocal tract under measurement from F4 (17.92 cm, $p=0.005$) than a group of non-professional females (17.0 cm). Although the voices of male and female announcers had been assessed as most pleasant on the average and significantly more pleasant than all the other groups except a group of actors, which was assessed as significantly more pleasant only than non-professionals, ANOVA did not show any significant difference in the vocal tract size of announcers.

Hence, the results show that the vocal tract size is one of significant factors relating to voice pleasantness, and that several significant differences are related to vocal tract size in male voices, actors' voices in particular. Consequently it can be concluded that actors are admitted to the Academy of Dramatic Art also because of their physical predisposition related to averagely longer vocal tract size.

Key words: vocal tract size, voice pleasantness, euphony