

Ksenija Kapec
Gordana Kovačić

VOKALNO OPTEREĆENJE: SAMOPROCJENA I AKUSTIČKI PARAMETRI GLASA PRIJE I POSLIJE 45-MINUTNOG ČITANJA POVIŠENIM GLASOM

Sažetak

Vokalni zamor nastaje kao posljedica pojačane laringalne aktivnosti, odnosno dugotrajne i/ili napete fonacije. Cilj je ovog istraživanja bio ispitati učinke vokalnog opterećenja ujetovanog čitanjem povišenim glasom na uzorku od devet mladih žena urednoga glasovnog statusa. U dvjema vremenskim točkama, tj. prije i poslije eksperimentalnog zadatka koji se sastojao od 45-minutnog čitanja povišenim glasom, snimala se produžena fonacija vokala /a/, /e/, /i/, /o/ i /u/ i mjerilo najduže vrijeme frikcije i najduže vrijeme fonacije. Usto, ispitanice su popunile upitnik u kojem su samoprocjenjivale vokalni zamor i kvalitetu glasa. Razlike između podataka dobivenih u početnom i završnom mjerenju ispitane su t-testom za male zavisne uzorke. Statistički značajne razlike utvrđene su u samoprocjeni stupnja vokalnog zamora i napetosti glasa, te u prosječnoj vrijednosti omjera s/z, omjera harmonici/šum HNR-a vokala /e/ i /i/ i jittera za vokal /i/. Zbog toga postoji potreba za daljnjim istraživanjima u kojima će se testirati jesu li HNR i jitter najosjetljiviji parametri kada je riječ o ispitivanju kratkotrajnog vokalnog zamora. Vrijednost tih spoznaja važna je u kliničkoj praksi i uopće u ispitivanjima glasa, primjerice pri otkrivanju govornika s konstitucionalno slabim glasovima i posljedičnom neizdržljivošću u uvjetima vokalnog opterećenja, što je kontraindikacija za bavljenje onim profesijama u kojima se glas koristi pojačano.

Ključne riječi: vokalno opterećenje, vokalni zamor, vokalni profesionalci, povišeni glas, akustički parametri glasa, samoprocjena glasa

1. UVOD

Poremećaji glasa umanjuju učinkovitost govorne komunikacije, što se odražava na cjelovito biopsihofizičko funkcioniranje čovjeka. To osobito pogađa vokalne profesionalce. Zajedničko im je pojačano korištenje glasa i potreba za zdravim i funkcionalnim glasom, a razlikuje ih pak važnost koju glas ima u svakodnevnom profesionalnom djelovanju, način njegova korištenja i trajanje fonacije (Titze i sur., 1997; Vilkman, 2000). Prema navedenom kriteriju, vokalne profesionalce dijelimo na one kojima glas nije presudan u obavljanju posla (prodavači, konobari, recepcionari...), na one čija radna sposobnost uvelike ovisi o glasu (nastavnici, novinari...), te na one kojima je glas presudan u profesionalnom djelovanju (glumci i pjevači). Za razliku od većine ostalih, posljednja je skupina profesionalaca dobro obaviještena o optimalnom

korištenju glasa i brizi za glas (Heuillet-Martin, 1989; Kovacic i Budjanovac, 2003). U vokalnih profesionalaca pojačano korištenje glasa katkada izaziva pojavu *akutnog* ili *kratkotrajnog vokalnog zamora* čiji simptomi nakon vokalnog odmora relativno brzo nestaju (Kitch i sur., 1996). Kratkotrajni se vokalni zamor javlja i u osoba koje nisu vokalni profesionalci onda kada zloupotrebljavaju glas, primjerice kada ga dugo koriste poglavito u akustički nepovoljnim uvjetima. Postane li takvo vokalno ponašanje uobičajeno, može izazvati oštećenje organa za fonaciju, *trajni* ili *kronični vokalni zamor*, te disfoniju. Vokalni se zamor opisuje nizom subjektivnih vokalnih i/ili tjelesnih simptoma kao što su promjene kvalitete glasa (visine, glasnoće i boje), suhoća i nadražnost grla te potreba za kašljanjem, bol i napetost u grlu i ramenima... (Kostyk i Rochet, 1998; Kovačić, 2003) U nekih osoba vokalni simptomi izostaju, a laringoskopskim se pregledom ne utvrđuju morfološke promjene organa za fonaciju (Kotby, 1995). Ta činjenica otežava dijagnostiku vokalnoga zamora. Subjektivni simptomi vokalnoga zamora izazivaju poteškoće i u drugim sferama života, a ne samo u tjelesnom obliku i na razini organa za fonaciju. Na to je upozorila Kovačić (2002a) kada je na uzorku od 51 nastavnice utvrdila da zbog vokalnog zamora visok postotak ispitanica smanjuje količinu govora u nastavi, gubi volju za govorom, te se povlači iz govornih situacija. Jedan od uzroka pojave vokalnog zamora u populaciji nastavnika jest priroda posla koji se temelji na vokalnom (pre)opterećenju, tj. dugotrajnom govorenju često *povišenim glasom*. To su pokazala istraživanja temeljena na vokalnoj dozimetriji (Masuda i sur., 1993; Rantala i Vilkmán, 1999; Popolo i sur., 2003). Spomenutom tehnologijom mjeri se vokalno opterećenje u odabranom vremenskom razdoblju, a određuju ga sljedeće *doze*: trajanje vibriranja glasnica D_v , broj oscilacija glasnica D_o , prevaljen put glasnica D_p , količina topline nastale u okolini glasnica prilikom njihova titranja D_e i količina zračenja iz usta na udaljenosti od 0,5 m D_r (Švec i sur., 2003). (Nazivi *doza* u izvorniku: *time dose* D_v , *cycle dose* D_o , *distance dose* D_p , *dissipated energy dose* D_e , *radiated energy dose* D_r .) Pored toga, bitni su akustički i mikroklimatski uvjeti u kojima se odvija vokalna komunikacija (razina buke, kvaliteta zraka...) (Vilkmán, 2000). Jednostavniji način određivanja vokalnog opterećenja jest računanjem *indeksa vokalnog opterećenja IVO* (Rantala i Vilkmán, 1999). Određuju ga *osnovna frekvencija* glasa $F0$ i *trajanje fonacije* TF prema izrazu: $IVO = (F0 \cdot TF) / 1.000$. Dakle, za istoga je govornika *IVO* to veći što dulje govori i što mu je ton glasa viši. U gornji izraz nije uvrštena razina jakosti glasa koja određuje povišeni glas, no kako su razina jakosti glasa i $F0$ pozitivno povezani, razumljivo je da je povišeni glas određen i povišenom glasnoćom, a ne samo visinom glasa. Primjer je vikanje pri kojemu je glas govornika i glasniji i viši, a to je zato što i razina jakosti glasa i $F0$ ovise o subglotičkom tlaku, tj. rastu njegovim porastom (Sundberg i sur., 1993, 2005; McAllister i Sundberg, 1996). Povišenim se glasom povremeno koristi u svakodnevnom životu, npr. pri javnom govoru pred masom ljudi, u svađi, govoru u buci... To su za većinu ljudi situacije koje niti traju dugo niti se redovno događaju pa ne ostavljaju trajne posljedice u smislu razvoja kronične disfonije. Nemali je broj osoba koje pri obavljanju svoga posla govore povišenim glasom, npr. nastavnici i

odgojitelji (*pedagoški glasovi*), vojna lica, športski instruktori, konobari u bučnim kafićima, zaposlenici diskoklubova i drugih prostora za zabavu... Spontana reakcija pojačavanja glasnoće glasa čime se onemogućuje maskiranje vlastitoga govora okolnom bukom nazvana je početkom 20. stoljeća Lombardijev učinak (npr. Junqua, 1993; Traunmüller i Eriksson, 2000). Ta reakcija iziskuje veće naprezanje larinksa, tj. fonacijsku hiperfunkciju. Porast glasnoće i vokalnog napora ovisni su o okolnoj buci i veličini komunikacijskog prostora, a posljedična je fonacijska hiperfunkcija stupnjevita: *normalan glas* → *povišen glas* → *vrlo glasan glas* → *vikanje*. Dugotrajna fonacijska hiperfunkcija za vokalne je profesionalce pogubna jer može prouzročiti pojavu funkcionalne i organske vokalne patologije, primjerice čvoriće na glasnicama, fonasteniju, zatim kronični laringitis čiji su simptomi promukao, napet i hrapav glas (Naumann, 1993), što smanjuje radnu sposobnost, a katkada dovodi do radne nesposobnosti.

U ovom se istraživanju želi ispitati može li 45-minutni govor povišenim glasom prouzročiti kratkotrajni vokalni zamor u uzorku osoba zdravoga glasa, tj. pojavu subjektivnih vokalnih poteškoća, te može li se ta promjena kvantitativno utvrditi analizom akustičkih i fonacijsko-respiracijskih parametara glasa prije i poslije vokalnog opterećenja. Povišen glas definiran je kao fonacija višim i glasnijim glasom od uobičajenog, kao kada se govori primjerice u punoj učionici.

2. METODOLOGIJA

2.1. Uzorak ispitanika

U uzorku ispitanika bilo je devet mladih žena prosječne dobi 20,20 godina. Uz prethodan opis načina njihova sudjelovanja u istraživanju, dragovoljno su se uključile u eksperiment. Uvjet je bio zdravi glas. Ispitanice su potvrdile kako ne boluju od bolesti koja ometa normalnu fonaciju, odnosno da nemaju status pacijenta s poremećajem glasa, a normalnu kvalitetu glasa potvrdila je i logopedkinja (koautorica rada) odgođenom subjektivnom procjenom glasova ispitanica. Niti jedna ispitanica nije bila vokalna profesionalka. Četiri su ispitanice bile nepušačice, tri pušačice, a dvije povremene pušačice.

2.2. Prikupljanje podataka

Ispitanice su ispitivane pojedinačno, u trajanju od 1,5 do 2 sata. Da bi se izbjegao utjecaj (rano)jutarnjega glasa na vrijednosti akustičkih varijabli (Kovačić, 2002b), ispitivanje se provodilo uvijek u poslijepodnevnim satima (od 16 do 18 sati). Prostor, mjerni instrumenti i postupak ispitivanja bili su isti za sve ispitanice: snimalo se u tihoj prostoriji u kojoj je razina zvučnoga tlaka glasa bila bitno viša od razine šuma u prostoriji čime su osigurane kvalitetne snimke glasova na temelju kojih su izvršena mjerenja glasa. Postupak prikupljanja podataka sastojao se od triju faza: početne, središnje (eksperimentalne) i završne. Početna i završna faza su iste; svaka je ispitanica

ispunila upitnik kojim je samoprocjenjivala stupanj vokalnog zamora i kvalitetu (govornoga) glasa. Posljednja faza obuhvaćala je procjenu pet dimenzija (kvaliteta glasa) prema instrumentu GRBAS za profesionalnu procjenu glasa. To su *promuklost*, *hrapavost*, *šumnost*, *slabost* i *napetost* glasa (Hirano, 1981). Samoprocjenjivalo se na skali od 0 do 3. Ništica znači nepostojanje vokalnoga zamora, odnosno nepostojanje poremećaja kvalitete glasa koji se procjenjivalo. Zaokruživanje broja jedan znači mali stupanj, broja dva srednji stupanj, a broja tri jaki stupanj kvalitete koja se procjenjuje. Poslije popunjavanja upitnika snimao se niz vokalnih zadataka prema uputi istraživača kardiodnim mikrofonom Sennheiser ME66 i minidisk uređajem Sony RZ-M35. Udaljenost usana ispitanika od mikrofona bila je 20 cm. Snimana su tri uzorka produžene fonacije vokala /a/, /e/, /i/, /o/ i /u/ ugodnom visinom i glasnoćom glasa te tri izvedbe najduže frikcije (glasa /s/) i najduže fonacije (glasa /z/). Središnji se dio ispitivanja, eksperimentalni zadatak, sastojao od 45-minutnog čitanja povišenim glasom. Povišeni je glas određen većom glasnoćom od habitualne, a kako *F0* i razina jakosti glasa rastu porastom subglotičkoga tlaka (Sundberg i sur., 1993, 2005; McAllister i Sundberg, 1996), povišeni je glas ne samo glasniji nego i viši od habitualne visine glasa (iako se ti parametri mogu nadzirati, a primjer je pjevanje). Budući da se habitualna glasnoća razlikuje od pojedinca do pojedinca, i razina povišenoga glasa je individualno obilježje. Četrdesetpetominutno trajanje eksperimentalnog zadatka odabrano je zato jer približno korespondira trajanju govora različitih vokalnih profesionalaca tijekom radnog vremena, primjerice spikera, predavača, nastavnika i drugih javnih govornika. Prije početka 45-minutnog čitanja učinjena je kratka proba u kojoj je dogovorena razina glasnoće čitanja. Ispitanicama je dana uputa da čitaju bitno glasnije od ugodne glasnoće glasa funkcionalne u tihom prostoru u kojem se odvijao eksperiment, ali da ne viču. Poželjna razina bila je ona koja odgovara govoru pred auditorijem u zatvorenom prostoru kao što je učionica ili predavaonica. Budući da govor takvom glasnoćom u tihom prostoru u kojem se odvijao eksperiment nije prirodan pa postoji tendencija da će ispitanice spontano smanjivati glasnoću, ispitivač je subjektivno (slušno) nadzirao glasnoću glasa ispitanica tijekom eksperimenta, te ako je bilo potrebno upozorio ispitanicu da podese glasnoću glasa na dogovorenu, početnu razinu. Sve su ispitanice čitale uvijek isti tekst. Tijekom provođenja ispitivanja, ispitanice nisu prekidale tijekom ispitivanja niti napuštale ispitnu prostoriju. Nadalje, nije im bilo dopušteno piti tekućinu (vodu) jer to bi moglo blagotvorno djelovati na fonaciju i odraziti se na vrijednosti akustičkih parametara glasa (Sihvo i sur., 1999; Solomon i sur., 2003).

2.3. Obrada podataka

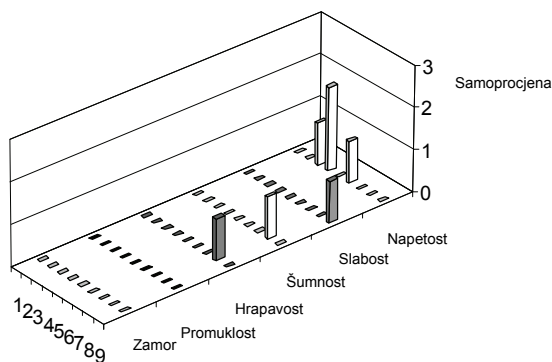
Podatci dobiveni upitnikom za samoprocjenu (govornoga) glasa i snimke glasova uneseni su u računalno. Akustička analiza izvršena je primjenom programa PRAAT, v. 4.3.31 (Boersma i Weenink, 2005). Iz triju uzoraka produžene fonacije svih vokala ekstrahiran je srednji (stacionarni) dio signala u trajanju od jedne sekunde za koji su izračunati prosječni *F0* (Hz), *jitter* (lokalni, u postotku), *shimmer* (dB) i *HNR* (dB).

Uz to, ispitivač je manualno odredio vrijeme utitravanja zvučnoga vala VU (s) kao trajanje od utitravanja zvučnoga vala pa do trenutka u kojem je njegova amplituda postigla relativnu stabilnost dosegnuvši oko 90% vrijednosti (Koike i sur., 1967; Baken i Orlikoff, 2000). Na isti su način precizno izmjerena najdulja trajanja fonacije ($NFoV$) i frikcije ($NF\tau V$) pri čemu u statističku obradu nisu ušle prosječne, nego najveće vrijednosti ovih varijabli. Vrijednosti varijabli unesene su u program za statističku obradu podataka SPSS for Windows, v. 10.0.1 u kojem je izračunat t-test za male zavisne uzorke sa svrhom utvrđivanja razlika u prosječnim vrijednostima varijabli između dvaju mjerenja.

3. REZULTATI

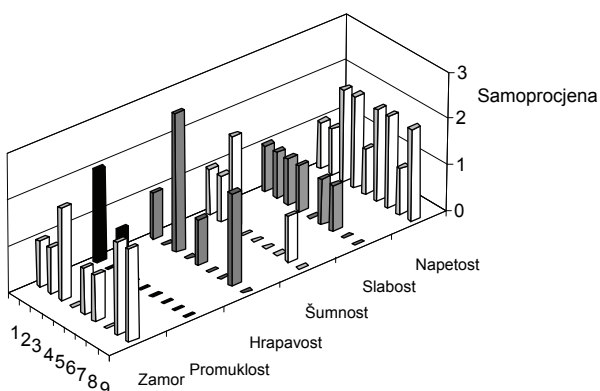
3.1. Samoprocjena glasa

Slika 1 prikazuje pojedinačne rezultate početne samoprocjene (govornoga) glasa ispitanica. Na varijabli *zamora*, kojom se samoprocjenjivao opći stupanj vokalnoga zamora, sve su ispitanice složne: niti jedna nije imala vokalni zamor. Neke su ispitanice smatrale da na jednoj ili dvjema dimenzijama kvalitete glasa imaju mali stupanj poremećaja. Slika 2 prikazuje pojedinačne rezultate samoprocjene poslije eksperimenta: u većine ispitanica on je izazvao vokalni zamor male ili srednje jakosti. Također se bitno promijenila samoprocjena kvalitete glasa. U odnosu na početno mjerenje, sve ispitanice smatraju da im je glas napetiji, a većina da im je glas slabiji. Svaka druga procjenjuje da joj je glas šumniji i hrapaviji, a dvije ispitanice da im je glas promukliji. Procjene GRBAS-ovih kvaliteta glasa pritom su 1 ili 2 pa se zaključuje da je vokalno opterećenje 45-minutnim čitanjem povišenim glasom izazvalo zamor i promjene kvalitete glasa male ili srednje jakosti.



Slika 1. Pojedinačne samoprocjene vokalnoga zamora i kvalitete glasa devet mladih žena prije 45-minutnog čitanja povišenim glasom

Figure 1. Individual self-assessments of vocal fatigue and voice quality of nine young women before 45-minute raised voice reading



Slika 2. Pojedinačne samoprocjene vokalnoga zamora i kvalitete glasa devet mladih žena poslije 45-minutnog čitanja povišenim glasom

Figure 2. Individual self-assessments of vocal fatigue and voice quality of nine young women after 45-minute raised voice reading

Tablica 1. Prosječne vrijednosti M, standardne devijacije SD, t-test i vjerojatnost pogreške p varijabli samoprocjene glasa prije i poslije čitanja povišenim glasom na uzorku od devet mladih žena (statistički značajne razlike podebljane su)

Table 1. Mean values M, standard deviations SD, t-test and probability p for the self-assessments before and after raised voice reading in the sample of nine young women (statistically significant differences are in bold print)

Varijabla	M prije	M poslije	SD prije	SD poslije	t-test	p
Vokalni zamor	0	1,11	0	0,78	-4,264	0,003
Promuklost	0	0,33	0	0,71	-1,414	0,195
Hrapavost	0,11	0,78	0,33	1,09	-2,000	0,081
Šumnost	0,11	0,56	0,33	0,73	-1,835	0,104
Slabost	0,11	0,66	0,33	0,50	-2,294	0,051
Napetost	0,44	1,56	0,73	0,53	-5,547	0,001

T-testom za male zavisne uzorke ispitalo se postoje li statistički značajne razlike u samoprocjeni glasa ispitanica prije i poslije vokalnog opterećenja, tablica 1. Procjene svih dimenzija više su poslije eksperimenta, no statistički značajne razlike dobivene su u samoprocjeni vokalnog zamora i napetosti glasa. Isto se može reći i za samoprocjenu slabosti glasa jer je $p = 0,051$. Dakle, 45-minutno čitanje povišenim glasom prouzročilo je vokalni zamor malog stupnja popraćen ponajprije napetošću, a zatim slabošću glasa. Istraživanje Laukkanen i suradnika (2004) na uzorku od 24 žene prosječne dobi 38 godina, u kojem su se uz ostalo utvrđivali subjektivni simptomi vokalnog opterećenja prije i poslije 45-minutnog čitanja glasnim glasom,

pokazalo je slične rezultate: ustanovljene su statistički značajne razlike između početnog i završnog mjerenja u samoprocjeni poteškoća u fonaciji, vokalnog zamora, iritacije i boli u grlu, te promuklosti.

3.2. Akustički i fonacijsko-respiracijski parametri

Tablica 2. Prosječne vrijednosti M, standardne devijacije SD, t-test i vjerojatnost pogreške p akustičkih i fonacijsko-respiracijskih varijabli izmjerenih prije i poslije čitanja povišenim glasom na uzorku od devet mladih žena (statistički značajne razlike podebljane su)

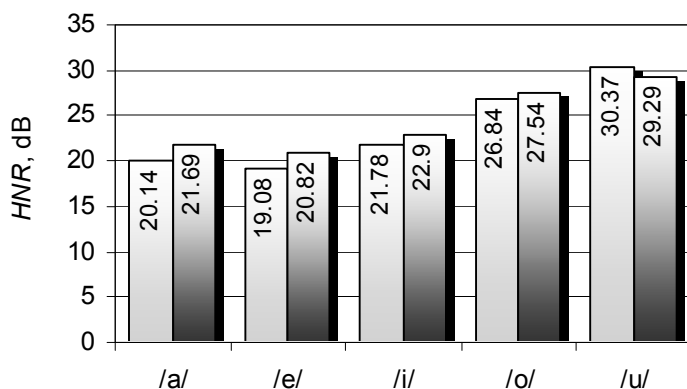
Table 2. Mean values M, standard deviations SD, t-test and probability p for the acoustical and phonatory-respiratory variables measured before and after raised voice reading in the sample of nine young women (statistically significant differences are in bold print)

Varijabla	Vokal	M prije	M poslije	SD prije	SD poslije	t-test	p
F0 (Hz)	/a/	201,740	201,390	22,420	25,670	-0,114	0,912
	/e/	199,140	202,740	21,240	22,740	0,680	0,516
	/i/	203,580	209,820	22,950	23,590	0,886	0,401
	/o/	205,850	203,650	26,450	25,460	-0,752	0,473
	/u/	209,660	204,000	28,310	30,880	-1,104	0,302
Jitter (%)	/a/	0,400	0,310	0,150	0,120	-1,363	0,210
	/e/	0,330	0,310	0,120	0,080	-0,513	0,622
	/i/	0,480	0,280	0,220	0,070	-2,391	0,044
	/o/	0,300	0,270	0,140	0,110	-0,474	0,648
	/u/	0,280	0,350	0,080	0,220	0,897	0,396
Shimmer (dB)	/a/	0,260	0,230	0,080	0,080	-1,150	0,283
	/e/	0,170	0,150	0,060	0,040	-1,081	0,311
	/i/	0,110	0,100	0,030	0,030	-1,410	0,196
	/o/	0,140	0,130	0,040	0,050	-0,104	0,920
	/u/	0,100	0,110	0,040	0,060	0,981	0,355
HNR (dB)	/a/	20,130	21,710	3,200	2,910	1,223	0,256
	/e/	19,080	20,810	2,890	2,500	2,684	0,028
	/i/	21,780	22,910	2,610	2,890	2,961	0,018
	/o/	26,830	27,530	2,610	3,170	0,631	0,546
	/u/	30,360	29,280	2,280	3,890	-0,785	0,455
VU(s)	/a/	0,067	0,088	0,047	0,054	1,093	0,306
	/e/	0,041	0,067	0,024	0,039	1,777	0,113
	/i/	0,031	0,054	0,014	0,041	1,708	0,126
	/o/	0,047	0,053	0,023	0,032	0,637	0,542
	/u/	0,035	0,043	0,018	0,027	0,870	0,410
NFoV, s*		21,57	22,220	7,050	8,050	-1,163	0,279
NFrV, s*		30,44	28,620	7,920	11,960	0,423	0,683
Omjer s/z		1,50	0,820	0,490	0,200	-3,425	0,009

* Vrijednost varijable određena je najvišom, a ne prosječnom vrijednošću.

Tablica 2 prikazuje rezultate t-testa za skup akustičkih i fonacijsko-respiracijskih varijabli izmjerenih prije i poslije 45-minutnog čitanja povišenim glasom na uzorku od devet mladih žena. Na većini varijabli nisu utvrđene statistički značajne razlike između dvaju mjerenja: visina osnovnog laringalnog tona $F0$, male nepravilnosti u amplitudi uzastopnih perioda *shimmer*, vrijeme utitravanja zvučnoga vala VU , te najduže fonacijsko $NFoV$ i najduže frikcijsko $NFrV$ vrijeme neosjetljivi su na vokalno opterećenje. Statistički značajne razlike utvrđene su na varijabli *jitter* za vokal /i/ ($p < 0,044$), zatim na varijabli HNR za vokale /e/ ($p < 0,028$) i /i/ ($p < 0,018$), te na varijabli *omjer s/z* ($p < 0,009$). Prosječne su vrijednosti svih varijabli (izuzev *omjera s/z*) normalne i upućuju na zdravi glas.

Omjer harmonici/šum HNR ističe se kao najosjetljiviji parametar. Za sve vokale, uz izuzetak /u/, dobivene su više vrijednosti poslije vokalnog opterećenja, pri čemu su statistički značajno više one za produženu fonaciju visokih vokala /e/ i /i/, slika 3. Jednako je zanimljivo to što su vrijednosti *jittera* nakon vokalnog opterećenja niže pri čemu je statistički značajna razlika dobivena također za fonaciju visokog vokala /i/.



Slika 3. Prosječne vrijednosti HNR-a vokala /a/, /e/, /i/, /o/ i /u/ prije 45-minutnog čitanja povišenim glasom (svijetli stupci) i poslije (tamni stupci) na uzorku od devet mladih žena

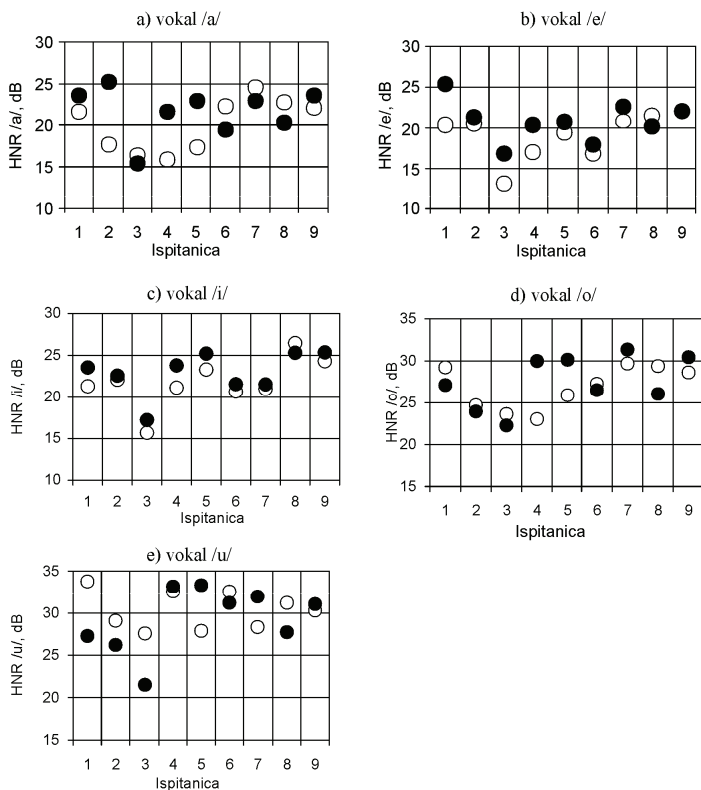
Figure 3. Mean HNR values for the vowels /a/, /e/, /i/, /o/ and /u/ before (bright columns) and after (dark columns) 45-minute raised voice reading in the sample of nine young women

Spomenute razlike upućuju na poboljšanu kvalitetu glasa poslije vokalnog opterećenja, no je li doista tako? Treba podsjetiti na to da su ispitanice kvalitetu glasa samoprocijenile lošijom nakon vokalnog opterećenja (vidi sliku 2). Najmarkantnijim obilježjem istakla se napetost glasa čiji je stupanj pet ispitanica procijenilo srednjim, a četiri blagim. U sličnim uvjetima vokalnog opterećenja trend prema napetoj ili hiperfunkcionalnoj fonaciji za zdrave glasove ističu Vilkman i sur.

(1997), Vintturi i sur. (2001) i dr. U tom su svjetlu shvatljive povišene vrijednosti *HNR*-a i niže vrijednosti *jittera* za uzorak ispitanica zdravoga glasa: napeta fonacija postiže se hiperadukcijom glasnica tijekom fonacije, odnosno prejakom kontrakcijom vanjskih i unutarnjih laringalnih mišića pri čemu je propuštanje zračne struje kroz glotis manje nego pri normalnoj fonaciji, dakle, razina je glotalnoga šuma niža. U spektru glasa kojega određuje izvorni spektar, tj. način titranja glasnica, dominiraju harmonici visokih amplituda (Baken i Orlikoff, 2000). Ti harmonici dominiraju višim dijelom spektra. Hiperadukcija glasnica istodobno objašnjava niže vrijednosti *jittera*. Osnovna frekvencija i razina jakosti glasa su u negativnoj korelaciji s *jitterom* (Orlikoff i Baken, 1990; Verstraete i sur., 1993), a to upućuje na negativnu korelaciju sa subglotičkim tlakom zraka čija povišena razina uvjetuje napeto foniranje, dakle hiperadukciju glasnica. Parametar *HNR* pokazao se osjetljivim i u istraživanju Kovačić (2002b) prilikom mjerenja učinaka vokalnog opterećenja izazvanog radnim vremenom profesionalnih folklornih plesača-pjevača: za najviši *F0* dobivena je statistički značajno viša vrijednost *HNR*-a nakon radnog vremena, što upućuje na hiperfunkcionalnu fonaciju. Promjene prosječne vrijednosti *F0* nisu konzistentne, no za vokale na kojima su dobivene statistički značajne razlike na varijabli *jitter* i *HNR*, vidljivo je da su njegove vrijednosti nakon opterećenja više u odnosu na početno mjerenje. Također višu vrijednost *F0* nakon drugačije uvjetovanog vokalnog opterećenja dobili su Stemple i sur. (1995), Rantala i sur. (1998), Kovačić i sur. (2000) i Laukkanen i sur. (2004). Budući da se parametar *HNR* pokazao najosjetljivijim u mjerenju učinaka vokalnog opterećenja, željelo se analizirati i pojedinačne njegove vrijednosti na uzorku ispitanica, slika 4. Izračunate su iz triju uzoraka produžene fonacije vokala /a/, /e/, /i/, /o/ i /u/.

Razvidno je da između ispitanica postoje velike razlike između početnog i završnog mjerenja, primjerice ispitanica pod rednim brojem 4 iskazuje veće promjene *HNR*-a u svim vokalima u usporedbi s ispitanicom broj 9. Razvidno je i to da postoje velike intraindividualne razlike, npr. razlika je u vrijednosti *HNR*-a između početnog i završnog mjerenja za sve vokale u ispitanice pod rednim brojem 9 konzistentnija u odnosu na ispitanicu pod rednim brojem 1. Te suptilne promjene u smislu različitih učinaka istog vokalnog opterećenja upućuju na razlike u laringalnoj konstytuciji, odnosno kondiciji organa za fonaciju. Uz akustičke parametre *HNR* i *jitter*, statistički značajne razlike dobivene su na fonacijsko-respiracijskoj varijabli *omjer s/z*. Optimalna vrijednost *omjera s/z* je oko jedan (Shipley i McAfee, 1992; Pausewang Gelfer i Pazera, 2006), no u ovom su istraživanju i početna i završna vrijednost bitno različite: u početnom mjerenju 1,5, a u završnom 0,8. U tablici 1 vidi se da je u početnom mjerenju standardna devijacija velika, tj. rezultati su ispitanica vrlo raspršeni pa je teško interpretirati prosječni rezultat uzorka. Varijable iz kojih je izveden *omjer s/z*, a to su najduže vrijeme fonacije i najduže vrijeme frikcije, pokazuju da su prosječne vrijednosti ispitanica normalnih vrijednosti, te da je *omjer s/z* poslije vokalnog opterećenja bolji. Uz utjecaj vokalnog opterećenja na akustičke parametre glasa, zamjetan je utjecaj vokala u

svakoj točki mjerenja (vidi tablicu 2). U obama mjerenjima, $F0$ vokala /a/ i /e/ je najniži, a vokala /i/, /o/ i /u/ viši. Pojava različite unutarnje tonske visine vokala poznata je kao *inherentna frekvencija laringalnog tona*. Javlja se kao posljedica razlika u intralaringalnoj konfiguraciji i postavljanju vokalnoga trakta prilikom izgovora različitih vokala (Honda, 1983; Sapir, 1989; Bakran i Stamenković, 1990; Kovačić, 1997). U obama je mjerenjima prosječni $F0$ niskoga vokala /a/ konzistentan, dok to nije slučaj s $F0$ visokih vokala /u/ i /i/. Intervokalske razlike u svakoj točki mjerenja postoje i u prosječnoj vrijednosti ostalih akustičkih parametara, te u VU , no kako tema rada nije ispitivanje utjecaja vokala na akustičke parametre, statistička obrada tih podataka nije učinjena.



Slika 4. Pojedinačne prosječne vrijednosti HNR-a vokala devet mladih žena prije 45-minutnog čitanja povišenim glasom (bijeli kružići) i poslije (crni kružići)

Figure 4. Individual mean HNR values for the vowels before (white dots) and after (black dots) 45-minute raised voice reading in the sample of nine young women – a) vowel /a/, b) vowel /e/, c) vowel /i/, d) vowel /o/, e) vowel /u/

4. ZAKLJUČAK

Cilj istraživanja bio je utvrditi učinke vokalnog opterećenja inducirano 45-minutnim čitanjem povišenim glasom na uzorku od devet mladih žena bez poremećaja glasa. To je učinjeno prikupljanjem podataka u dvjema vremenskim točkama, prije i poslije eksperimentalnog zadatka (čitanja povišenim glasom). Podatke se prikupljalo na dva načina – upitnikom za samoprocjenu vokalnog zamora i kvalitetu glasa, te snimanjem produžene fonacije vokala hrvatskoga jezika. Rezultati t-testa pokazali su statistički značajne razlike u samoprocjeni vokalnoga zamora i napetosti glasa, te jaku tendenciju samoprocjene glasa kao slabijeg na temelju čega se zaključuje da 45-minutno čitanje povišenim glasom izaziva pojavu kratkotrajnoga vokalnog zamora. Vinturri i suradnici (2003) su ustanovili da su, uz opći zamor, najveći problem na koji se ispitanici (40 žena i 40 muškaraca) žale poslije vokalnog opterećenja (glasnog čitanja pet puta po 45 minuta tijekom dana od 9 do 15 sati) simptomi vezani za grlo (suhoća, zamor, neugoda, bol i nadražaj na kašalj). Mjerenje glasa u dvjema vremenskim točkama u ovom je istraživanju pokazalo statistički značajne razlike u vrijednosti *HNR*-a za vokale /e/ i /i/, te *jittera* za vokal /i/. Promjene tih parametara nakon vokalnog opterećenja (viši *HNR* i niži *jitter*) upućuju na napetu fonaciju, što je usklađeno sa samoprocjenom glasa kao slabijeg i napetijeg u odnosu na početno mjerenje. Zbog akutnog osjećaja slabosti glasa poslije vokalnog opterećenja razumljiva je istodobna povišena napetost glasa ispitanica – takvom fonacijom, odnosno takvim respiratorno-fonatornim mehanizmom, kompenziraju se nedostaci uvjetovani vokalnim opterećenjem čija je primarna (izravna) posljedica slabost glasa. O napetijoj fonaciji također poslije 45-minutnog čitanja većom glasnoćom od habitualne izvjestili su Laukkanen i suradnici (2004) na temelju vrijednosti parametra alfa (α) koji mjeri nagib spektralne ovojnice usporedbom razine zvučnoga tlaka područja frekvencija 1 – 5 kHz u odnosu na područje 0,5 – 1 kHz. Statistički značajne razlike dobivene su i na fonacijsko-respiracijskoj varijabli *omjer s/z*. Ustanovljen je bolji rezultat *omjera s/z* poslije vokalnog opterećenja.

Zaključuje se da 45-minutno čitanje povišenim glasom predstavlja vokalno opterećenje koje se manifestira u samopercepciji promjene kvalitete glasa, odnosno pojave vokalnog zamora blagog i umjerenog stupnja. Objektivno izmjerene promjene glasa su suptilne i upućuju na to da su *HNR* i *jitter* najosjetljiviji parametri, te da su visoki vokali /e/ i /i/ najosjetljiviji uzorci glasa na kojima su promjene spomenutih parametara najveće. Nadalje, rezultati su pokazali velike razlike između ispitanica što se objašnjava razlikama u laringalnoj konstituciji, a time i u vokalnoj izdržljivosti u uvjetima vokalnog opterećenja. Rezultate treba prihvatiti s oprezom zbog činjenice da se vokalna produkcija ispitanica tijekom dana, tj. do početka ispitivanja nije kontrolirala pa se ne zna predispitno dnevno vokalno opterećenje ispitanica, dakle jesu li neke do trenutka ispitivanja više, a neke manje koristile glas (podatci prikupljeni samoprocjenom glasa pokazuju da je

trećina ispitanica istraživanju pristupila s malom napetosti glasa). Sljedeći faktor koji treba uzeti u obzir jest to što je razinu jakosti povišenoga glasa odredio i tijekom eksperimentalnog zadatka subjektivno (slušno) kontrolirao ispitivač.

Budući da se istraživanje bavi temom koja u znanosti o glasu nije podrobno istražena, potrebna su daljnja istraživanja. Njihovi će rezultati biti korisni u kliničkim i drugim ispitivanjima glasa, primjerice pri otkrivanju govornika s konstitucionalno slabim glasom i posljedičnom vokalnom neizdržljivošću u uvjetima vokalnog opterećenja. Takva bi ispitivanja (vokalni *screening*) trebala biti sastavni dio prijemnih ispita za studije koji obrazuju buduće vokalne profesionalce, npr. pjevače, glumce, nastavnike, odgojitelje i sve druge čije profesionalno djelovanje i uspjeh bitno određuje učinkovita fonacija, odnosno kvaliteta glasa.

REFERENCIJE

- Baken, R. J., Orlikoff, R. F.** (2000). *Clinical measurement of speech and voice*. San Diego: Singular Publishing Group.
- Bakran, J., Stamenković, M.** (1990). Inherentna frekvencija laringalnog tona u hrvatskom standardnom govoru. *Govor VII*, 1, 2-9.
- Boersma, P., Weenink, D.** (2005). PRAAT: Doing phonetics by computer, verzija 4.3.31. <http://www.praat.org>.
- Heuillet-Martin, G.** (1989). The functional future of benign laryngopathy in singers. *Revue de Laryngologie* 10, 4, 391-392.
- Hirano, M.** (1981). *Clinical examination of voice*. New York: Springer Verlag.
- Honda, K.** (1983). Relationship between pitch control and vowel articulation. U Bless, D. M., Abbs, J. H. (ur.), *Vocal fold physiology: Contemporary research and clinical issues*, 286-299. San Diego, California: College-Press.
- Junqua, J.-C.** (1993). The Lombard reflex and its role on human listeners and automatic speech recognizers. *Journal of the Acoustical Society of America* 93, 1, 510-524.
- Kitch, J. A., Oates, J., Greenwood, K.** (1996). Performance effects on the voices of 10 choral tenors: Acoustic and perceptual findings. *Journal of Voice* 10, 3, 217-227.
- Koike, Y., Hirano, M., von Leden, H.** (1967). Vocal initiation: Acoustic and aerodynamic investigations of normal subjects. *Folia Phoniatica* 19, 173-182.
- Kostyk, B. E., Rochet, A. P.** (1998). Laryngeal airway resistance in teachers with vocal fatigue: A preliminary study. *Journal of Voice* 12, 3, 287-299.
- Kotby, M. N.** (1995). *The accent method of voice therapy*. San Diego, California: Singular Publishing Group, Inc.
- Kovacic, G., Budjanovac, A.** (2003). Knowledge about voice care among professional, semiprofessional, and amateur choral singers. *Journal of Singing* 60, 1, 67-74.

- Kovačić, G.** (1997). Osnovne akustičke značajke muškoga glasa i njihove promjene u vokalima /a/, /u/ i /i/. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja* **33**, 2, 165-173.
- Kovačić, G.** (2002a). Analiza subjektivnih simptoma vokalnog zamora nastavnica. *Govor XIX*, 2, 137-156.
- Kovačić, G.** (2002b). Utjecaj radnog dana na glas profesionalnih plesača-pjevača: akustička analiza glasa prije i poslije radnog vremena. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja* **38**, 2, 145-158.
- Kovačić, G.** (2003). Subjective voice complaints among schoolteachers. U *De Stem In Het Onderwijs – Multidimensionaal-Multidisciplinair*, 99-111. Nijmegen: UMC St Radboud.
- Kovačić, G., Hedeveer, M., Buđanovac, A.** (2000). Utjecaj vokalne probe na akustičke karakteristike glasa profesionalnih pjevača. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja* **36**, 2, 137-144.
- Laukkanen, A.-M., Järvinen, K., Artkoski, M., Waaramaa-Mäki-Kulmala, T., Kankare, E., Sippola, S., Syrjä, T., Salo, A.** (2004). Changes in voice and subjective sensations during a 45-min vocal loading test in female subjects with vocal training. *Folia Phoniatica et Logopaedica* **56**, 335-346.
- Masuda, T., Ikeda, Y., Manako, H., Komiyama, S.** (1993). Analysis of vocal abuse: Fluctuations in phonation time and intensity in 4 groups of speakers. *Acta Otolaryngologica* **113**, 4, 547-552.
- McAllister, A., Sundberg, J.** (1996). Data on subglottal pressure and SPL at varied vocal loudness and pitch in 8 to 11-year-old children. *TMH-QPSR* **4**, 27-38.
- Naumann, H. H.** (1993). *Differential diagnosis in otorhinolaryngology – symptoms, syndromes and interdisciplinary issues*. New York: Thieme Medical Publishers, Inc.
- Orlikoff, R. F., Baken, R. J.** (1990). Consideration of the relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter. *Folia Phoniatica* **42**, 31-40.
- Pausewang Gelfer, M., Pazera, J. F.** (2006). Maximum duration of sustained /s/ and /z/ and the s/z ratio with controlled intensity. *Journal of Voice* **20**, 3, 369-379.
- Popolo, P. S., Švec, J. G., Titze, I. R., Rogge-Miller, K.** (2003). Introduction to a pocket-PC based voice dosimeter. 32. godišnji simpozij *Care of the Professional Voice* u organizaciji *Voice Foundation*, 4. – 8. lipnja 2003, Philadelphia, SAD.
- Rantala, L., Vilkman, E.** (1999). Relationship between subjective voice complaints and acoustic parameters in female teachers' voices. *Journal of Voice* **13**, 4, 484-495.
- Rantala, L., Lindholm, P., Vilkman, E.** (1998). F_0 change due to voice loading under laboratory and field conditions. A pilot study. *Logopedics – Phoniatics – Vocology* **23**, 164-168.
- Sapir, S.** (1989). The intrinsic pitch of vowels: Theoretical, physiological, and clinical consideration. *Journal of Voice* **3**, 1, 44-51.

- Shipley, G. K., McAfee, J. G.** (1992). *Assessment in speech-language pathology – a resource manual*. San Diego, CA: Singular Publishing Group, Inc.
- Sihvo, M., Alku, P., Lauri, E.-R., Sala, E., Vilkmán, E.** (1999). Effects of ergonomic and environmental factors on phonation at a low pitch. *Logopedics – Phoniatics – Vocology* 24, 84-91.
- Solomon, N. P., Glaze, L. E., Arnold, R. R., van Mersbergen, M.** (2003). Effects of a vocally fatiguing task and systemic hydration on men's voices. *Journal of Voice* 17, 1, 31-46.
- Stemple, J. C., Stanley, J., Lee, L.** (1995). Objective measures of voice production in normal subjects following prolonged voice use. *Journal of Voice* 9, 2, 127-133.
- Sundberg, J., Fahlstedt, E., Morell, A.** (2005). Effects on the glottal voice source of vocal loudness variation in untrained female and male voices. *Journal of the Acoustical Society of America* 117, 2, 879-85.
- Sundberg, J., Titze, I., Scherer, R.** (1993). Phonatory control in male singing: A study of the effects of subglottal pressure, fundamental frequency, and mode of phonation on the voice source. *Journal of Voice* 7, 1, 15-29.
- Švec, J. G., Titze, I. R., Popolo, P. S.** (2003). Vocal dosimetry: Theoretical and practical issues. U Schade, G., Müller, F., Wittenberg, T., Hess, M. (ur.), AQL 2003 Hamburg – Proceeding papers for the conference Advances in Quantitative Laryngology, Voice and Speech Research, CD ROM, ISBN: 3-8167-6285-9. Stuttgart, Germany: IRB Verlag.
- Titze, I. R., Lemke, J., Montequin, D.** (1997). Population in the U.S. workforce who rely on voice as a primary tool of trade: A preliminary report. *Journal of Voice* 11, 3, 254-259.
- Traunmüller, H., Eriksson, A.** (2000). Acoustic effects of variation in vocal effort by men, women, and children. *Journal of the Acoustical Society of America* 107, 6, 3438-3451.
- Verstraete, J., Forrez, G., Mertens, P., Debruyne, F.** (1993). The effects of sustained phonation at high and low pitch on vocal jitter and shimmer. *Folia Phoniatica* 45, 223-228.
- Vilkmán, E.** (2000). Voice problems at work: A challenge for occupational safety and health arrangement. *Folia Phoniatica et Logopaedica* 52, 120-125.
- Vilkmán, E., Lauri, E.-R., Alku, P., Sala, E., Sihvo, M.** (1997). Loading changes in time-based parameters of glottal flow waveforms in different ergonomic conditions. *Folia Phoniatica et Logopaedica* 49, 247-263.
- Vintturi, J., Alku, P., Sala, E., Sihvo, M., Vilkmán, E.** (2003). Loading-related subjective symptoms during a vocal loading test with special reference to gender and some ergonomic factors. *Folia Phoniatica et Logopaedica* 55, 55-69.
- Vintturi, J., Alku, P., Lauri, E.-R., Sala, E., Sihvo, M., Vilkmán, E.** (2001). Objective analysis of vocal warm-up with special reference to ergonomic factors. *Journal of Voice* 15, 1, 36-53.

VOCAL LOADING: SELF-ASSESSMENT AND ACOUSTICAL PARAMETERS OF THE VOICE BEFORE AND AFTER 45-MINUTE RAISED VOICE READING

Abstract

Vocal fatigue is the result of excessive laryngeal activity, that is prolonged and/or hyperfunctional phonation. The aim of this study was to examine the effects of vocal loading induced by raised voice reading in the sample of nine young female subjects with normal vocal status. The prolonged phonations of the vowels /a/, /e/, /i/, /o/ and /u/ were recorded, and maximal friction and phonation times were measured before and after experiment which consisted of 45-minute raised voice reading. Additionally, the subjects completed the questionnaires in which vocal fatigue and voice quality were self-assessed. The differences between the initial and final data were examined by the t-test for small dependent samples. Statistically significant differences were found in self-assessment of vocal fatigue and strained voice quality, mean values of s/z ratio, harmonic-to-noise ratio (HNR) for vowels /e/ and /i/ and jitter for the vowel /i/. These findings suggest a need for further investigations, and testing if HNR and jitter are the most sensitive indicators of short-term vocal fatigue. Such information is relevant for the clinical practice and voice examination in general, i.e. for identifying the speakers with constitutionally weak voices and consequential poor vocal endurance in vocally demanding conditions, which is an important factor in professional orientation.

Key words: vocal load, vocal fatigue, vocal professionals, raised voice, acoustic parameters of voice, self-assessment of voice