



## Analiza glasa pre i posle vokalnog zamora

## Voice analysis before and after vocal tiredness

Mirjana Petrović-Lazić, Snežana Babac, Milica Tatović, Zoran Ivanković

Kliničko-bolnički centar „Zvezdara“, Klinika za otorinolaringologiju, Beograd, Srbija

### Apstrakt

**Uvod/Cilj.** Profesija nastavnika je jedna od vokalno najzahtevnijih profesija. Vokalni zamor odražava se na akustičke karakteristike glasa i dovodi do promene akustičkog kvaliteta tokom vokalne produkcije. Cilj ovog rada bio je da se ispita uticaj vokalnog zamora na akustičke karakteristike glasa kod nastavnika. **Metode.** Ispitivanje je obuhvatilo 36 nastavnika (16 ispitanika muškog i 20 ispitanika ženskog pola), starosti 27–58 godina. Vokalni zamor pratili smo analizom akustičkih parametara glasa (foniranjem vokala /a/), primenom kompjuterske laboratorije za glas „Kay Elemetrics“. Kod ispitanika je sniman glas pre prvog časa, na početku radne nedelje i po završetku poslednjeg časa, na kraju radne nedelje. Obradeni su parametri signala, šuma i tremora. U obradi podataka primenjene su metode deskriptivne statistike i analitičke statistike (Studentov *t*-test za zavisne uzorke,  $\chi^2$  test, Man Vitnjev *U*-test i Spirman-ov koeficijent korelacije ranga –  $\rho$ ). **Rezultati.** Dobijeni rezultati pokazali su da se statistički značajne razlike u prosečnim vrednostima ispitivanih parametara glasa javljaju kao posledica vokalnog zamora ( $p < 0,01$ ), dok pol, starost i pušački status nisu imali značajan uticaj na akustičke karakteristike glasa kod naših ispitanika ( $p > 0,05$ ). **Zaključak.** Rezultati ovog istraživanja govore u prilog postojanju uzročno-posledične veze između vokalnog zamora i kvaliteta glasa kod vokalnih profesionalaca.

### Ključne reči:

glas, poremećaji; glas, kvalitet; govor, produkcija, merenje; faktori rizika; profesionalna izloženost.

### Abstract

**Background/Aim.** A school teacher's occupation is one of the most vocal demanding professions. Vocal tiredness affects acoustic characteristics of voice, leads to the change in acoustic quality during vocal production. The aim of this study was to examine the influence of vocal tiredness on voice acoustic characteristics of school teachers. **Methods.** The study included 36 school teachers (16 male and 20 female) of 27–58 years of age. Vocal tiredness was evaluated by analyzing acoustic parameters of voice, using computerized laboratory “Kay Elemetrics”. The voices were recorded before the first class on the beginning of a working week and after the last class at the end of a working week. Signal, noise and tremor parameters were processed. In their analysis the methods of descriptive statistics, as well as the analytical statistics (Student's *t*-test for paired samples,  $\chi^2$  test, Mann Whitney *U*-test and Pearson's correlation coefficient) were applied. **Results.** The obtained results showed statistically significant differences in average values of parameters as a consequence of the vocal tiredness ( $p < 0.01$ ), while gender, age and being smoker or not, did not have a significant effect on voice acoustic characteristics in this group of examinees ( $p > 0.05$ ). **Conclusion.** The results of the study suggest a casual relationship between vocal tiredness and voice quality in vocal professionals.

### Key words:

voice disorders; voice quality; speech production measurement; risk factors; occupational exposure.

### Uvod

Oštećenje glasa kod vokalnih profesionalaca predstavlja veliki zdravstveni problem kome se još uvek ne pridaje dovoljan značaj u poređenju sa profesionalnim oštećenjima sluha i drugim profesionalnim bolestima<sup>1</sup>. Poznato je da su nastavnici gotovo najčešći bolesnici s poremećajem glasa. Prema statističkim podacima iz drugih zemalja, među bolesnicima s poremećajima glasa, oko 20% su nastavnici. Istraživanja u svetu pokazala su da oko 22–38% vokalnih profesionalaca ima najmanje jednom godišnje ozbiljnih problema s glasom<sup>2</sup>.

Ljudski glas je specifičan pokazatelj fizičkog i emocionalnog stanja pojedinca, njegove osobnosti i identiteta<sup>3</sup>. Poremećaji glasa vremenom izazivaju psihosocijalne probleme jer onemogućavaju efikasnost u profesiji, dovode do gubitka stečenih pozicija u društvu, izazivaju strah od gubitka karijere i ugroženosti egzistencije.

Normalan glas koji obezbeđuje efektivnu govornu komunikaciju treba da bude prijatan za slušanje, da poseduje odgovarajuću ravnotežu usnog i nosnog rezonatora, da bude dovoljno visok. Osnovna frekvencija govora treba da odgovara uzrastu i polu<sup>4</sup>. Svaka neravnoteža ovog složenog sistema utiče na kvalitet glasa. Izvesne promene kvaliteta ili

trajanja glasa ukazuju na prisustvo oboljenja i zahtevaju adekvatnu dijaгнозу i rehabilitaciju.

Prvi simptomi problema s glasom su nadraženost grla, potreba za kašljanjem, osjećaj bola u grlu, promuklost i umor glasa ili njegov potpuni gubitak<sup>5-8</sup>. Vokalni zamor nastaje kada su vokalni zahtevi veći nego što je sposobnost pojedinca da ispunite te zahteve. Vokalnim izvodačima je potreban visok nivo vokalne fleksibilnosti, gipkosti i sposobnost da izvršavaju brze manevre kao što je vikanje ili šaputanje. Profesija nastavnika zahteva dug period govorenja. Često se tome pridodaje i buka sredine, neadekvatna ventilacija, retke prilike za odmaranje glasa i dodatno naprezanje glasa, kao što su roditeljski sastanci. Posebno treba istaći pušenje i konzumiranje alkohola, kao faktore koji dovode do poremećaja u radu fonatornog sistema.

Istraživanja u svetu pokazuju da su vokalni problemi kod nastavnika povezani sa kontinuiranom vokalnom produkcijom, tako da se vokalni zamor odražava na akustičke karakteristike govora i dovodi do promene akustičkog kvaliteta tokom vokalne produkcije. Dakle, postoji značajna korelacija između vokalne patologije i promena u akustičkim karakteristikama glasa<sup>9</sup>. Podaci iz literature pokazuju da se vokalni simptomi kod nastavnika za vreme raspusta ne javljaju, dok za vreme nastave dolazi do njihove pojave pri kontinuiranoj upotrebi glasa<sup>10</sup>.

Cilj rada bio je da se ispita kvalitet glasa kod nastavnika pre i posle vokalnog zamora, ispituju razlike kvaliteta glasa pre i posle vokalnog zamora u odnosu na pol, starost i pušački status.

## Metode

Ispitivanjem koje je sprovedeno u Klinici za otorinolaringologiju Kliničko-bolničkog centra „Zvezdara“ i u osnovnoj školi „Jelena Četković“ u Beogradu bilo je obuhvaćeno 36 ispitanika, 16 muškog i 20 ženskog pola. Starost ispitanika bila je 27–58 god.

Vokalni zamor pratili smo tako što smo kod ispitanika snimali glas pre prvog časa u ponedeljak i na kraju radne nedelje, nakon završenog poslednjeg časa. Pre snimanja glasa svim ispitanicima bio je urađen pregled larinksa indirektnom laringoskopijom, pri čemu su u istraživanje uključeni samo oni sa urednim nalazom. Ispitanici su smireno i spontano, u sedećem položaju, upućeni da normalnim glasom izgovore vokal /a/ izolovano, izvan konteksta. Akustička struktura vokala svakog ispitanika analizirana je u realnom vremenu. Analiza vokala /a/ snimana je kompjuterizovanim laboratorijom za glas firme „Kay Elemetrics“. Kompjuterizovana laboratorija za glas „Kay Elemetrics“ ima za cilj da obezbedi objektivne podatke analize glasa i služi kao podrška subjektivnoj proceni glasa. Omogućava dobijanje dokumentovanog zapisa predterapijske i postterapijske analize glasa, kada se bolesnik podvrgava programu vokalne terapije. Ove analize pomažu u procesu procene uspešnosti terapije i potrebom za nastavljanjem iste. Laboratorija za glas ima i značajnu ulogu u procesu dijagnostikovanja poremećaja glasa, kao jedne veoma kompleksne oblasti. Multidimenzionalni vokalni program (MDVP) danas je vodeći u svetu za analizu glasa. Omogućava izdvajanje i do 33 različita parametra analize glasa koji se mogu grafički i

numerički uporediti sa referentnim vrednostima, uz grafički prikaz histogramom frekvencije, histogramom amplitude i grafičkom analizom dugotrajnog spektra.

Svim ispitanicima bili su analizirani akustički parametri kratkotrajnih i dugotrajnih poremećaja frekvencije. Prosečna fundamentalna frekvencija (Fo) predstavlja srednju vrednost osnovne frekvencije izraženu u Hz za sve izdvojene vrednosti momenta osnovne frekvencije. Srednja vrednost Fo normalnog ženskog glasa iznosi 233,828 Hz, a muškog 125,591 Hz. Varijacije u visini fundamentalne frekvencije – Jitt (%) predstavljaju promenljivost osnovne frekvencije. Srednja vrednost Jitt (%) za normalan ženski glas iznosi 0,288%, a za muški glas 0,449%. Parametar kratkotrajnih i dugotrajnih poremećaja amplitude predstavlja varijacije u amplitudi osnovnog laringalnog tona – Shim (%) (obično ovaj tip varijacija je nasumičan i dovodi se u vezu sa promuklim i zadihanim glasom). Nepravilnosti amplitude od ciklusa do ciklusa mogu se povezati sa nesposobnošću glasnica da održe periodične vibracije u posmatranom periodu i sa prisustvom turbulentnog šuma u signalu glasa. Vrednost ovog parametra za normalan ženski glas iznosi oko 1,974%, a za muški 1,829%. Parametar procene šuma jeste odnos intraharmonijskog šuma i harmonika (NHR) i predstavlja opštu procenu prisutnog šuma u analiziranom signalu. To je srednja vrednost odnosa spektralne energije šuma i spektralne energije harmonika u frekventnom opsegu od 70–4 200 Hz. Normalne vrednosti ovog parametra za muški glas, u proseku iznose 0,143, a za ženski 0,102.

U opisivanju i analizi dobijenih podataka korišćene su metode deskriptivne i analitičke statistike. Od metoda deskriptivne statistike u radu su primenjene mere centralne tendencije, mere varijabiliteta, i tabeliranje. U analitičkoj statistici za procenu značajnosti razlike parametarskih podataka korišćen je Studentov *t*-test za zavisne uzorke, a  $\chi^2$ , Man Vitnjev (Mann-Withney) *U*-test i korelacija ranga  $\rho$  za neparametarske podatke. U obradi podataka korišćen je statistički paket SPSS 14.0.

## Rezultati

U istraživanju je učestvovalo 36 ispitanika, od toga 20 (55,6%) ženskog i 16 (44,4%) muškog pola. Razlika u polnoj zastupljenosti ispitanika nije bila statistički značajna ( $\chi^2 = 0,444$ ;  $df = 1$ ;  $p > 0,05$ ). Prosečna starost ispitanika bila je  $40,22 \pm 9,01$  godina, pri čemu je najmlađi ispitanik imao 27, a najstariji 58 godina.

Iako je u istraživanju bilo više pušača (22 : 14), razlika između ispitanika u odnosu na pušenje nije bila statistički značajna ( $\chi^2 = 1,778$ ;  $df = 1$ ;  $p > 0,05$ ). U grupi ženskih ispitanika polovina je pripadala grupi pušača, a polovina grupi nepušača. U grupi ispitanika muškog pola bilo je 12 (75%) pušača, i 4 (25%) nepušača ( $\chi^2 = 4$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,01$ ).

Analiza rezultata Studentovim *t*-testom za zavisne uzorke pokazala je da statistički značajne razlike u prosečnim vrednostima parametara pre i posle vokalnog zamora glasa postoje kod svih ispitanika parametara (tabela 1). Prosečna fundamentalna frekvencija – Fo bila je značajno viša ( $p < 0,01$ ), a prosečna vrednost varijacije u amplitudi osnovnog laringalnog tona – Shim (%) značajno niža posle vokalnog zamora

( $p < 0,01$ ). Vrednost parametra procene šuma – NHR povećala se posle vokalnog zamora. Uočena razlika bila je visoko statistički značajna ( $p < 0,01$ ). Posle vokalnog zamora vrednost parametra visine fundamentalne frekvencije – Jitt (%) smanjivala se, a razlika se pokazala kao statistički značajna ( $p < 0,05$ ).

Ispitanici muškog i ženskog pola razlikovali su se značajno po prosečnoj fundamentalnoj frekvenciji – Fo i varijaciji u amplitudi osnovnog laringalnog tona pre i posle vokalnog zamora – Shim: žene su imale statistički značajno višu fundamentalnu frekvenciju ( $p < 0,01$ ) i značajno nižu vre-

dnost varijacije u amplitudi osnovnog laringalnog tona ( $p < 0,01$ ) (tabela 2). Razlike u prosečnoj vrednosti NHR i Jitt (%) pre i posle vokalnog zamora, nisu se statistički razlikovale u odnosu na pol ( $p > 0,05$ ).

Analizom prosečnih vrednosti parametara glasa pušača i nepušača, pre i posle vokalnog zamora (tabela 3), nije uočena statistički značajna razlika ( $p > 0,05$ ).

Starost ispitanika nije značajno uticala ( $p > 0,05$ ) na ispitivane parametre glasa ni pre, niti posle vokalnog zamora (tabela 4).

Tabela 1

Parametari glasa pre i posle vokalnog zamora			
Parametar	Vreme merenja	AS ± SD	<i>p</i>
Fo (Hz)	pre zamora	199,610 ± 50,435	< 0,01
	posle zamora	208,052 ± 53,799	
Jitt (%)	pre zamora	0,473 ± 0,209	< 0,05
	posle zamora	0,383 ± 0,209	
Shim (%)	pre zamora	1,876 ± 0,209	< 0,01
	posle zamora	1,572 ± 0,209	
NHR	pre zamora	0,116 ± 0,209	< 0,01
	posle zamora	0,136 ± 0,209	

AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Fo – prosečna fundamentalna frekvencija; Jitt – promenljivost osnovne frekvencije; Shim – varijacije u amplitudi osnovnog laringalnog tona; NHR – odnos intraharmonijskog šuma i harmonika

Tabela 2

Parametri glasa pre i posle vokalnog zamora u odnosu na pol					
Parametar	Pol	Pre vokalnog zamora		Posle vokalnog zamora	
		AS ± SD	<i>p</i>	AS ± SD	<i>p</i>
Fo (Hz)	muški	145,110 ± 6,079	< 0,01	150,287 ± 11,456	< 0,01
	ženski	243,210 ± 4,858		253,984 ± 4,798	
Jitt (%)	muški	0,419 ± 0,184	> 0,05	0,327 ± 0,075	> 0,05
	ženski	0,511 ± 0,225		0,402 ± 0,171	
Shim (%)	muški	2,410 ± 0,398	< 0,01	2,184 ± 0,188	< 0,01
	ženski	1,401 ± 0,401		0,970 ± 0,257	
NHR	muški	0,114 ± 0,058	> 0,05	0,141 ± 0,033	> 0,05
	ženski	0,117 ± 0,074		0,136 ± 0,079	

AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Fo – prosečna fundamentalna frekvencija; Jitt – promenljivost osnovne frekvencije; Shim – varijacije u amplitudi osnovnog laringalnog tona; NHR – odnos intraharmonijskog šuma i harmonika

Tabela 3

Parametri glasa pre i posle vokalnog zamora u odnosu na pušački status					
Parametar	Pušački status	Pre vokalnog zamora		Posle vokalnog zamora	
		AS ± SD	<i>p</i>	AS ± SD	<i>p</i>
Fo (Hz)	nepušač	183,502 ± 51,595	> 0,05	192,334 ± 54,072	> 0,05
	pušač	219,831 ± 43,878		227,349 ± 49,503	
Jitt (%)	nepušač	0,467 ± 0,227	> 0,05	0,380 ± 0,179	> 0,05
	pušač	0,485 ± 0,186		0,355 ± 0,073	
Shim (%)	nepušač	1,938 ± 0,670	> 0,05	1,757 ± 0,571	> 0,05
	pušač	1,658 ± 0,707		1,199 ± 0,662	
NHR	nepušač	0,115 ± 0,051	> 0,05	0,143 ± 0,069	> 0,05
	pušač	0,110 ± 0,090		0,132 ± 0,055	

AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Fo – prosečna fundamentalna frekvencija; Jitt – promenljivost osnovne frekvencije; Shim – varijacije u amplitudi osnovnog laringalnog tona; NHR – odnos intraharmonijskog šuma i harmonika

Tabela 4

Korelacija parametara glasa ( $\rho$ ) pre i posle vokalnog zamora u odnosu na starost				
Parametar	Pre vokalnog zamora		Posle vokalnog zamora	
	$\rho$		$\rho$	
F0 (Hz)	-0,333		-0,067	
Jitt (%)	0,279		-0,062	
Shim (%)	0,026		0,124	
NHR	0,288		0,172	

AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Fo – prosečna fundamentalna frekvencija; Jitt – promenljivost osnovne frekvencije; Shim – varijacije u amplitudi osnovnog laringalnog tona; NHR – odnos intraharmonijskog šuma i harmonika;  $\rho$  – Spirmanov koeficijent korelacije

## Diskusija

Broj i težina oštećenja glasa poslednjih godina naglo se povećavaju i na taj način najvažnije sredstvo komunikacije čoveka biva ugroženo. Dugotrajna fonacija kod glasovno ne- edukovanih vokalnih profesionalaca povećava rizik od glasovnog zamora, što može dovesti do patoloških promena na larinksu<sup>11</sup>.

Vokalni zamor je rezultat prekomerne upotrebe glasa usled preopterećenja brojnim ponavljanjima pokreta glasnica. Opisana su dva potencijalna aspekta zamora glasa: zamor laringealne muskulature i zamor laringealnog tkiva sa oštećenjem lamine proprie usled eksplozivne fonacije<sup>11,12</sup>. Biomehantički stres usled eksplozivne i dugotrajne fonacije do- vodi do oštećenja tkiva, epitelijalnih ćelija, odvajanja kola- genih i elastičnih vlakana. Tako nastaju izmenjene vibratorne karakteristike glasnica. Istraživanja potvrđuju da se kod vo- kalnih profesionalaca mišići glasnica u položaju abdukcije i adukcije kontrahuju i više od 1 800 puta na sat<sup>13</sup>.

U oblasti analize glasa u poslednjih deset godina, spro- veden je veći broj istraživanja čiji se rezultati međusobno razlikuju<sup>11-14</sup>. Brojni autori su objavili povećanu vrednost Fo, NHR parametra i smanjene vrednosti *jitter*-a i *shimmer*-a, posle zamora glasa<sup>14</sup>. Izmenjene vrednosti parametra posle zamora glasa uglavnom nisu u korelaciji sa simptomima, već su posledica povećane mišićne aktivnosti<sup>10,15</sup>.

Fundamentalna frekvencija – Fo je parametar koji je u većini studija korišćen u analizi glasa. Kod naših ispitanika vrednost Fo je na kraju radne nedelje značajno porasla. Uo- čena promena zapažena je kod ispitanika oba pola. Slične rezultate objavili su i drugi autori<sup>11,14</sup>. Međutim, prosečne vrednosti ovog parametra u objavljenim istraživanjima do- sta se razlikuju. Stemple i sar.<sup>16</sup> i Rantala i sar.<sup>17</sup> snima- njem u prirodnom okruženju (učionici), dobili su prosečnu vrednost Fo pre vokalnog zamora od 236 Hz, a posle zamo- ra 263 Hz. U našem istraživanju prosečna vrednost ovog parametra bila je pre vokalnog zamora 199 Hz, a posle 208 Hz. Prema podacima iz literature opseg ovog parametra kreće se od 192 do 213 Hz<sup>18</sup>. Moguće objašnjenje razlika u rezultatima je i različit način uslova ispitivanja. Nedostatak nekih studija je sprovođenje ispitivanja zamora glasa u kontrolisanim laboratorijskim uslovima. Većina studija ukazuje na prednosti ispitivanja glasa u radnoj sredini ispi- tanika. Naše istraživanje je, shodno tome i sprovedeno u radnoj sredini ispitanika.

U normalim fiziološkim uslovima između osnovne fre- kvencije Fo i amplitude osnovnog laringealnog tona Shim

(%) muškog i ženskog pola postoji razlika. Larinks muškara- ca je fiziološki veći od ženskog i iz tih razloga osnovna frek- vencija glasa je niža, dok je vrednost amplitude osnovnog la- ringealnog tona viša. Ova razlika održala se i nakon vokal- nog zamora u našem istraživanju. Kod naših ispitanika, pro- sečne vrednosti parametra varijacije u visini fundamentalne frekvencije – Jitt (%) i varijacije u amplitudi osnovnog larin- gealnog tona – Shim (%) smanjile su se posle vokalnog zamo- ra. Naši rezultati slažu se sa rezultatima drugih ispraživa- ča<sup>11,14,19</sup>. Niže vrednosti Jitt (%) i Shim (%) posle zamora glasa posledica su povećanog mišićnog tonusa vokalne mus- kulature usled hiperfunkcije. Analizirani parametar procene šuma – NHR posle vokalnog zamora se povećao. Vokalni zamor je uticao na povećanu količinu šuma tokom produk- cije glasa koja je posledica nemogućnosti potpune okluzije glasnica prilikom fonacije<sup>19</sup>. Drugi autori objavili su slične rezultate<sup>20,21</sup>.

Podaci iz literature ukazuju na povezanost vokalnog zamora i pušenja<sup>4</sup>. U našem istraživanju pušenje nije imalo uticaja na zamor glasa, što objašnjavamo činjenicom da se radilo o malom uzorku ispitanika. Nedostatak naše studije je i što nismo uzimali u obzir dužinu pušačkog staža kao ni broj popušenih cigareta.

Poznato je da glas sa fiziološkim procesom starenja menja svoje akustičke karakteristike. Ove promene sa prog- resijom starosti nisu samo posledica anatomskih i fiziološ- kih promena larinksa već su uslovljene i otežanim kontrolis- anjem glasa zbog oštećenja sluha. Starenje glasa individual- no varira i u skladu je sa načinom života. Kod naših ispitanika, starost nije značajno uticala na ispitivane parametre glasa niti pre, ni posle vokalnog zamora. Ovo objašnjavamo činje- nicom da je uzorak naših ispitanika bio relativno mlad: pro- sečna starost bila je 40 godina.

## Zaključak

Uprkos inovacijama u nastavničkoj metodologiji, glas i dalje ostaje najvažnije sredstvo rada. Rezultati našeg istraži- vanja potvrdili su da je zamor glasa kod nastavnika najevi- dentniji na kraju radne nedelje. Shodno tome, ističemo pot- rebu uvođenja vokalne edukacije za osobe koje profesional- no angažuju glas u cilju prevencije poremećaja glasa. Uvo- đenjem multidimenzione akustičke analize glasa dobijena je moćna, objektivna, veoma osjetljiva dijagnostička procedura za kvantitativno i kvalitativno praćenje kvaliteta glasa, koja omogućava otkrivanje početnih patoloških promena i pre nego što postanu klinički uočljive.

## L I T E R A T U R A

1. *Jannier R, Koekelkoren E, Bodt M.* Stemproblemen bij leerkrachten: een cijfermatige benadering. *Logopedie* 1995; 4: 33–41.
2. *Lehto L, Laaksonen L, Vilkinen E, Alku P.* Occupational voice complaints and objective acoustic measurements-do they correlate? *Logoped Phoniatr Vocol* 2006; 31(4): 147–52.
3. *Mattiske JA, Oates JM, Greenwood KM.* Vocal problems among teachers: a review of prevalence, causes, prevention, and treatment. *J Voice* 1998; 12(4): 489–99.
4. *Petrović-Lazić M, Kosanović R.* Vocal rehabilitation of voice. Beograd: Nova naučna; 2008. (Serbian)
5. *Boone DR, McFarlane SC.* The voice and voice therapy. 4th ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall; 1988.
6. *Aronson AE.* Clinical voice disorders: An interdisciplinary approach. 3rd ed. New York: Thieme; 1990.
7. *Sander EK, Ripich DE.* Vocal fatigue. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1983; 92(2 Pt 1): 141–5.

8. *Stemple JC*. Clinical voice pathology: Theory and management. Columbus: Charles E. Merrill; 1984.
9. *Jovišić S*. Vocal communication, physiology, psychoacoustics and perception. Beograd: Nauka; 1999. p. 37–43. (Serbian)
10. *Laukkanen A-M, Ilomaki I, Leppanen K, Vilkman E*. Acoustic measures and self-reports of vocal fatigue by female teachers. *J Voice* 2008; 22(3): 283–9.
11. *Rantala L, Vilkman E, Bloigu R*. Voice changes during work: subjective complaints and objective measurements for female primary and secondary schoolteachers. *J Voice* 2002; 16(3): 344–55.
12. *Titze IR*. Toward occupational safety criteria for vocalization. *Logoped Phoniatr Vocol* 1999; 24: 49–54.
13. *Titze IR, Hunter EJ, Svec JG*. Voicing and silence periods in daily and weekly vocalizations of teachers. *J Acoust Soc Am* 2007; 121(1): 469–78.
14. *Gelfer MP, Andrews ML, Schmidt CP*. Effects of prolonged loud reading on selected measures of vocal function in trained and untrained singers. *J Voice* 1991; 5(2): 158–67.
15. *Laukkanen AM, Kankare E*. Vocal loading-related changes in male teachers' voices investigated before and after a working day. *Folia Phoniatr Logop* 2006; 58(4): 229–39.
16. *Stemple JC, Stanley J, Lee L*. Objective measures of voice production in normal subjects following prolonged voice use. *J Voice* 1995; 9(2): 127–33.
17. *Rantala L, Lindholm P, Vilkman E*. F0 change due to voice loading under laboratory and field conditions. A pilot study. *Logoped Phoniatr Vocol* 1998; 23(4): 164–8.
18. *Pegoraro Krook MI*. Speaking fundamental frequency characteristics of normal Swedish subjects obtained by glottal frequency analysis. *Folia Phoniatr (Basel)* 1988; 40(2): 82–90.
19. *Scherer RC, Titze IR, Raphael BN, Wood RP, Ramig LA, Blager RF*. Vocal fatigue in a trained and an untrained voice user. In: *Baer T, Sasaki C, Harris K*, editors. Laryngeal function in phonation and respiration. Boston: College-Hill Press; 1987. p. 533–55.
20. *Orlikoff RF, Baken RJ*. Consideration of the relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter. *Folia Phoniatr (Basel)* 1990; 42(1): 31–40.
21. *Orlikoff RF, Kabane JC*. Influence of mean sound pressure level on jitter and shimmer measures. *J Voice* 1991; 5: 113–9.
22. *Wealberley CC, Worrall LE, Hickson LM*. The effect of hearing impairment on the vocal characteristics of older people. *Folia Phoniatr Logop* 1997; 49(2): 53–62.

Primljen 26. XII 2009.

Revidiran 30. IX 2010.

Prihvaćen 20. X 2010.