

*Originalni naučni rad*

## Uticaj zamora na akustičke karakteristike glasa kod vokalnih profesionalaca

Mirjana Petrović-Lazić<sup>1,2</sup>, Nadica Jovanović-Simić<sup>1</sup>, Ivana Šehović<sup>1</sup>, Slađana Čalasan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Klinika za otorinolaringologiju, Klinički centar "Zvezdara", Beograd, Srbija

<sup>3</sup>Medicinski fakultet Foča, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Foča, Bosna i Hercegovina

### Kratak sadržaj

**Uvod.** Problemi sa glasom kod vokalnih profesionalaca povezani su sa kontinuiranom vokalnom produkcijom, a to dovodi do vokalnog zamora. Vokalni zamor se odražava na akustičke karakteristike glasa i dovodi do promena akustičkog kvaliteta tokom vokalne produkcije. Cilj ovog rada bio je da se ispituju akustičke karakteristike glasa kod vokalnih profesionalaca.

**Metode.** Istraživanje je sprovedeno na uzorku od 45 ispitanica, koje su po zanimanju bile nastavnice, starosti 27– 62 godine. Akustički parametri koji su praćeni pre i posle vokalnog zamora bili su: prosečna fundamentalna frekvencija (Fo), varijacije u visini fundamentalne frekvencije (Jitt), varijacije u amplitudi osnovnog laringealnog tona (Shim), parametar procene šuma i tremora (NHR). U istraživanju je korišćena Kompiuterska laboratorija za analizu glasa. U obradi podataka korišćen je statistički paket SPSS 20.0.

**Rezultati.** Dobijeni rezultati su pokazali da postoji statistički značajna povezanost između akustičkih parametara Fo ( $p < 0,05$ ), Jitt ( $p < 0,05$ ) i NHR ( $p < 0,05$ ) pre vokalnog zamora i vrednosti istih parametara zabeleženih posle vokalnog zamora. Nije utvrđena statistički značajna razlika u vrednostima merenih parametara glasa na početku i na kraju radne nedelje.

**Zaključak.** Istraživanje je pokazalo da profesionalno korišćenje glasa kod nastavnika može dovesti do kumulacije zamora koji ugrožava glasovnu performansu od početka do kraja radne nedelje. Dobra vokalna tehnika i pravilna klasifikacija glasa su preduslovi za optimalnu fonaciju i dugu vokalnu karijeru.

**Ključne reči:** glas, vokalni zamor, akustičke karakteristike glasa

### Uvod

Glas je produkt vibratornog kretanja glasnica i rezonantnih efekata vokalnog trakta, stoga je instrumentalno praćenje samog vibratornog procesa jedan od bitnih aspekata objektivnog in-

strumentalnog ispitivanja glasa. Patološke promene na glasnicama deformišu akustički signal i utiču na kvalitet glasa [1].

Profesionalno angažovanje glasa podrazumeva visoko specijalizovanu ljudsku delatnost, kontinuiranu vokalnu produkciju i op-

Adresa autora:  
Prof. dr Mirjana Petrović-Lazić  
Visokog Stevana 2, 11000 Beograd  
carica@afrodita.rcub.bg.ac.rs

timalno funkcionisanje bioloških, psiholoških i socijalnih faktora [2].

Vokalni zamor se javlja kod osoba sa visokim vokalnim zahtevima. Nastaje kada su oni veći nego što je sposobnost pojedinca da ispuni te zahteve.

Pod uticajem vokalnog zamora dolazi do promene vokalnog kvaliteta i redukcije kontrole glasa, a to uslovljava smanjenje vokalne izdržljivosti. Vokalni profesionalci u takvim uslovima imaju neugodan osećaj u grlu i vratu, izbegavaju da govore, osećaju bol prilikom gutanja i brzo se zamaraju [3].

Oštećenje glasnica i tkiva glasnica narušava prenos poruke, što izaziva potrebu za povećanjem napora tokom izlaganja [4]. Profesionalno oštećenje glasa uslovljeno je velikim brojem različitih faktora. Poseban problem predstavlja psihička napetost u toku rada, sredinska buka, neadekvatna ventilacija, retke prilike za odmaranje glasa, dodatna naprezanja glasa [5].

U ovom radu su ispitivane akustičke karakteristike glasa kod predavača pre i posle vokalnog zamora. Istraživanje je sprovedeno primenom Kompjuterizovane laboratorije za analizu glas "Kay Elemetrics" koja je imala za cilj da obezbedi objektivne podatke, a služila je i kao podrška subjektivnoj proceni glasa. Osnovni elementi koji su se pratili u procesu ispitivanja glasa su analiza zvučnog spektra glasa, merenje fundamentalne frekvencije, visine i inteziteta glasa.

Cilj istraživanja bio je ispitati da li postoje razlike u analiziranim parametrima glasa kod predavača pre i posle vokalnog zamora, i ispitati značajnost razlika u promeni vrednosti parametara glasa pre i posle vokalnog zamora kod predavača u odnosu na godine radnog staža.

## Metode rada

*Uzorak.* Uzorak u ovom istraživanju sačinjavali su ispitanici koji su po profesiji bili nastavnici. Istraživanje je sprovedeno na uzorku od 45 ispitanica, starosti 27-62 godina, prosečno 44,5 godina. Raspon godina radnog staža kretao se u intervalu od 2 do 35 godina, prosečno 18,5 godina. Svaka ispitanica je pre istraživanja pregledana kod fonijatra i vokalnog patologa. Istraživanje je sprovedeno u više osnovnih škola u Beogradu, a pregledi i akustička obra-

da podataka na Klinici za uho, grlo i nos KBC «Zvezdara» u Beogradu.

*Postupak istraživanja.* Ispitanicima je sniman glas pre prvog časa u ponedeljak i na kraju radne nedelje, posle završenog poslednjeg časa u petak. Ispitanici su imali zadatak da produženo foniraju vokal »A« za njih najadekvatnijom jačinom i visinom, najmanje 5 sekundi, tri puta, a srednja produkovana vrednost je uzeta za analizu. Sony ECM-T150 mikrofona prikačen na slušalice bio je postavljen na udaljenost od 5 cm od usta ispitanika. U istraživanju je bila korišćena Kompjuterska laboratorija za analizu glasa, model 4300, «Kay Elemetrics» korporacije.

U istraživanju su obrađene sledeće varijable: parametri kratkotrajnih i dugotrajnih poremećaja frekvencije (Fo-prosečna fundamentalna frekvencija, Jitt-varijacije u visini fundamentalne frekvencije); parametar kratkotrajnih i dugotrajnih poremećaja amplitude (Shim-varijacije u amplitudi osnovnog laringalnog tona); parametar procene šuma i tremora (NHR-odnos intraharmonijskog šuma i harmonika).

*Statistička obrada podataka.* Obrada podataka izvršena je primenom statističkog paketa SPSS 20.0 (Statistic Package for the Social Sciences). U cilju provere dobijenih nalaza primenjeni su postupci deskriptivne statistike i neparametrijske metode provere povezanosti među ispitivanim varijablama (korelaciona analiza) i statističke značajnosti razlike u prosečnim vrednostima pojedinih varijabli kod ispitivanih kategorija ispitanika (Wilcoxon-ov test). Prihvaćen nivo značajnosti je 0,05 i 0,01.

## Rezultati

Prosečne vrednosti parametara glasa pre i posle vokalnog zamora prikazane su u tabeli 1. Statistička značajnost razlika u prosečnim vrednostima merenih parametara glasa ispitanica je primenom Wilcoxon-ovog testa, koji je pokazao da nema statistički značajnih razlika između vrednosti parametara zabeleženih pre i posle vokalnog zamora.

Povezanost između merenih parametara glasa pre i posle vokalnog zamora ispitanica je Spearman-ovim Ro koeficijentom korelacije i prikazana u tabeli 2. Među ispitivanim parametrima glasa pre i posle vokalnog zamora

**Tabela 1.** Poređenje vrednosti parametara glasa pre i posle vokalnog zamora

Mereni parametri glasa	Vreme merenja	Minimum	Maksimum	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	p
Fo (Hz)	pre	153,32	241,16	203,79	22,187	>0,05
	posle	159,02	221,54	196,32	18,376	
Jitt (μs)	pre	0,19	1,96	0,97	0,602	>0,05
	posle	0,22	2,78	0,99	0,777	
Shim (dB)	pre	1,12	4,87	2,78	1,365	>0,05
	posle	1,56	4,04	2,09	1,02	
NHR	pre	0,09	0,25	0,14	0,024	>0,05
	posle	0,07	0,18	0,12	0,017	

Fo - fundamentalna frekvencija; Jitt - oscilacije u visini fundamentalne frekvencije; Shim - varijacije u amplitudi osnovnog larin-gealnog tona; NHR - parametar procene šuma (odnos intraharmonijskog šuma i harmonika)

**Tabela 2.** Korelacije između parametara glasa pre i posle vokalnog zamora

Mereni parametri glasa	Fo posle	Jitt posle	Shim posle	HNR posle
Fo pre (Hz)	0,714*	0,165	-0,101	-0,022
Jitt pre (μs)	-0,199	0,467*	0,098	-0,124
Shim pre (dB)	-0,265	0,034	0,099	-0,289
NHR pre	-0,101	-0,231	0,344	0,498*

\*Statistički značajno na nivou 0,05

Fo - fundamentalna frekvencija; Jitt - oscilacije u visini fundamentalne frekvencije; Shim - varijacije u amplitudi osnovnog larin-gealnog tona; NHR - parametar procene šuma (odnos intraharmonijskog šuma i harmonika)

utvrđena je visoka povezanost prosečne fundamentalne frekvencije (Fo) pre vokalnog zamora u odnosu na vrednosti parametra glasa posle vokalnog zamora. Dobijeni rezultati pokazuju da postoji statistički značajna povezanost parametra Jitt pre vokalnog zamora sa vrednostima istog parametra posle vokalnog zamora. Utvrđena je i statistički značajna povezanost parametra procene šuma i tremora u glasu (NHR) pre i posle vokalnog zamora.

Korelacije između dužine radnog staža

**Tabela 3.** Korelacije između godina radnog staža ispitanika i parametara glasa pre i posle vokalnog zamora

Mereni parametri glasa	Pre vokalnog zamora	Posle vokalnog zamora	p
Fo (Hz)	0,276	0,099	>0,05
Jitt (μs)	0,190	-0,076	>0,05
Shim (dB)	0,223	-0,166	>0,05
NHR	0,190	0,198	>0,05

Fo - fundamentalna frekvencija; Jitt - oscilacije u visini fundamentalne frekvencije; Shim - varijacije u amplitudi osnovnog larin-gealnog tona; NHR - parametar procene šuma (odnos intraharmonijskog šuma i harmonika)

u vrednosti parametara glasa pre i posle vokalnog zamora ispitane su primenom Spirmanovog Ro koeficijenta. Prikazani rezultati u tabeli 3 ukazuju da nijedan od obrađenih parametara glasa nije statistički značajno povezan sa godinama radnog staža. Smatramo da bi se na većem uzorku ispitanika vrednosti parametara pokazale kao statistički značajne.

## Diskusija

Rezultati akustičke analize glasa pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika u vrednostima merenih parametara glasa na početku i na kraju radne nedelje.

Utvrđena je statistički značajna povezanost parametra osnovne frekvencije (Fo) pre vokalnog zamora u odnosu na vrednosti parametra glasa posle vokalnog zamora. Na povezanost fundamentalne frekvencije i vokalnog zamora ukazuju i istraživanja koja su sprovedena u svetu [6,8]. Ona ističu da zamor tireoaritenoidnog mišića izaziva promene u glasu. Kada dođe do slabosti tireoaritenoidnog

mišića, površni slojevi i međuslojevi glasnica očvrstnu, što dovodi do povećanja vibracija glasnica i do povećanja vrednosti fundamentalne frekvencije, što je pokazalo i naše istraživanje.

Predavači su u stalnom riziku za nastanak poremećaja u glasu, jer moraju da govore uz prisustvo visokog stepena buke iz okruženja što uslovljava povišenje tona, a to dovodi do povećanja osnovne frekvencije i napetog vokalnog ponašanja [2,7,8].

Postoji statistički značajna povezanost parametra Jitt (varijacije u visini fundamentalne frekvencije) pre vokalnog zamora sa onom koja se beleži posle vokalnog zamora. Jitt predstavlja veoma kratkotrajne, ciklične nepravilnosti u glasu. Te nepravilnosti mogu biti povezane sa nesposobnošću glasnica da održe periodičnost vibracije za određeni period zbog poremećaja u fiziologiji glasa, a koji može nastati usled vokalnog zamora.

Dobijeni rezultati pokazuju da postoji statistički značajna povezanost između parametra procene šuma i tremora glasa (NHR) pre i posle vokalnog zamora. Ovi rezultati ukazuju na prisustvo turbulencija u glasu koje su uzrokovane nepotpunim zatvaranjem glasnica ili njihovom opuštenošću. Promene u vrednostima parametra NHR mogu biti izazvane amplitudskim i frekvencijskim varijacijama (jitter i shimmer), turbulentnim šumom, subharmonijskim komponentama i prekidima u glasu [3].

Šum koji je prisutan u spektru izgovorenog vokala daje glasu specifičnu obojenost, odnos-

no hrapavost, ukoliko je prisutan u većoj meri. On svakako degradira kvalitet vokala i ukoliko njegov energetski udeo u spektru vokala pređe izvesnu granicu, ta činjenica postaje pouzdan pokazatelj patoloških promena u glasu.

## Zaključak

Među ispitivanim parametrima glasa pre i posle vokalnog zamora utvrđena je statistički značajna povezanost parametara Fo, Jitt i NHR. Međutim, nije uočena statistički značajna razlika u vrednostima merenih parametara glasa na početku i na kraju radne nedelje, koja bi se na većem uzorku ispitanika pokazala kao statistički značajna.

Istraživanje je pokazalo da profesionalno korišćenje glasa kod nastavnika može dovesti do kumulacije zamora koji ugrožava glasovnu performansu od početka do kraja radne nedelje. Vokalne profesionalce koji imaju problem sa glasom potrebno je što pre uputiti na rehabilitaciju glasa. Po završetku vokalne rehabilitacije, pacijente treba držati pod kontrolom izvesno vreme, kako ne bi došlo do recidiva. Dobra vokalna tehnika i pravilna klasifikacija glasa su preduslovi za optimalnu fonaciju i dugu vokalnu karijeru.

**Napomena.** Rad je proistekao iz projekta „Evaluacija tretmana stečenih poremećaja govora i jezika“ br. 179068 (2011-2014) čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

Autori izjavljuju da nemaju sukob interesa.  
The authors declare no conflicts of interest.

## Literatura

1. Petrović-Lazić M, Kosanović R. Vokalna rehabilitacija glasa. Beograd: Nova naučna; 2008.
2. Petrović-Lazić M, Babac S, Vuković M, Kosanović R, Ivanković Z. Acoustic Voice Analysis of Patients With Vocal Fold Polyp. *J Voice* 2011;25(1):94-7.
3. Petrović-Lazić M, Jovanović N, Kulic M, Babac S, Jurisic V. Acoustic and Perceptual Characteristics of the Voice in Patients With Vocal Polyps After Surgery and Voice Therapy. *J Voice* 2015;29(2):241-6.
4. Delijski DD, Evans MK, Shaw HS. Influence of Data Acquisition Environment on Accuracy of Acoustic Voice Quality Measurements. *J Voice* 2005;19(2):176-86.
5. Šehović I, Petrović-Lazić M, Vuković M, Vuković I. Poređenje akustičkih karakteristika glasa kod nastavnika pušača i nepušača. *Specijalna edukacija i rehabilitacija* 2012; 11(3):435-46.
6. 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.
7. Greene MCL, Mathieson L. The voice and its disorders, 5th ed. London: Whurr Publishers Ltd; 1989.
8. Wingate JM, Brown WS, Shrivastav R, Davenport P, Sapienza CM. Treatment Outcomes for Professional Voice Users. *J Voice* 2007;21(4):433-49.

## Influence of vocal fatigue on acoustic characteristics of the voice in vocal professionals

Mirjana Petrović-Lazić<sup>1,2</sup>, Nadica Jovanović-Simić<sup>1</sup>, Ivana Šehović<sup>1</sup>, Sladjana Čalasan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Special Education and Rehabilitation, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>Clinic of Otorhinolaryngology, Clinical Center Zvezdara, Belgrade, Serbia

<sup>3</sup>Faculty of Medicine Foča, University of East Sarajevo, Foča, The Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

**Introduction.** Voice problems in vocal professionals are connected with a continuous voice production and that leads to vocal fatigue. Vocal fatigue reflects on the acoustic characteristics of the voice and leads to the changes of acoustic quality during the voice production. The objective of this study was to examine the acoustic characteristics of the voice in vocal professionals.

**Methods.** The research was carried out using a sample of 45 female examinees aged 27- 62 years, who were teachers by profession. Acoustic parameters which were followed before and after vocal fatigue were: average fundamental frequency (Fo), variations in the height of the fundamental frequency (Jitt), variations in the amplitude of fundamental frequency (Shim), noise-harmonic ratio (NHR). Computerized Speech Laboratory for a voice analysis was used in the research. Statistical package SPSS 20.0 was used in data processing.

**Results.** The obtained results showed that there was a statistically significant correlation between acoustic parameters Fo ( $p < 0.05$ ), Jitt ( $p < 0.05$ ) and NHR ( $p < 0.05$ ) before vocal fatigue, and values of the same parameters recorded after vocal fatigue. There is no statistically significant difference in the values of the followed voice parameters at the beginning and the end of the working week.

**Conclusion.** The research has shown that professional use of the voice in teachers can lead to an accumulation of vocal fatigue which threatens vocal performance from the beginning to the end of working week. Good vocal technique and correct classification of the voice are preconditions for optimal phonics and long vocal career.

**Keywords:** voice, vocal fatigue, acoustic characteristics of voice