

Originalni naučni rad

Akustička struktura glasa kod ispitanika sa umjereno teškim oštećenjem sluha

**Slađana Čalasan¹,
Mirjana Petrović-Lazić²,
Nadica Jovanović-Simić²,
Snežana Babac²**

¹Univerzitet u Istočnom Sarajevu,
Medicinski fakultet, Foča,
Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

²Univerzitet u Beogradu, Fakultet za
specijalnu edukaciju i rehabilitaciju,
Beograd, Srbija

Primljen – Received: 12/09/2018
Prihvaćen – Accepted: 15/03/2019

Adresa autora:
Viši asist. Slađana Čalasan,
magistar logopedije
Studentska 5, 73 300 Foča
calasansladjana@gmail.com

Copyright: ©2019 Čalasan S, et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.

Kratak sadržaj

Uvod. Glas je produkt vibratnog kretanja glasnica i rezonantnih efekata vokalnog trakta, stoga je instrumentalno praćenje samog vibratnog procesa jedan od bitnih aspekata objektivnog instrumentalnog ispitivanja glasa. Neodgovarajuća visina i neprimjerena glasnost, kao i pojačana nazalnost, predstavljaju osnovne karakteristike glasa kod osoba sa oštećenim sluhom. Cilj istraživanja je bio da se uradi detaljna analiza i poređenje akustičke strukture vokala A kod ispitanika sa oštećenim sluhom i ispitanika sa urednim sluhom i normalnim glasom.

Metode. Ukupan uzorak je činilo 40 ispitanika, uzrasta od 17 do 20 godina ($18,50 \pm 1,13$), oba pola (50% muškog), koji su podijeljeni u dvije grupe. Prvu grupu je činilo 20 ispitanika sa umjereno teškim oštećenjem sluha (56-70 dB), dok je druga grupa obuhvatila 20 ispitanika bez oštećenja sluha. Ispitanici obje grupe su međusobno ujednačeni po polu i uzrastu (± 3 mjeseca). Istraživanje je realizovano tokom maja 2018. godine u srednjim školama i Medicinskom fakultetu u Foči, i specijalnoj školi sa domom učenika „Bubanj” u Nišu.

Rezultati. Statistički značajna razlika između ispitanika sa urednim i oštećenim sluhom utvrđena je za 11 od 14 ispitivanih akustičkih parametara vokala A: standardna devijacija osnovne frekvencije (STD), ukupan jitter (Jitta), jitter procenat (Jitt), relativna srednja vrijednost perturbacije (RAP), koeficijent varijacije osnovne frekvencije (vFo), shimmer (Shdb), shimmer procenat (Shim), koeficijent perturbacije amplitude (APQ), odnos šuma i harmonika (NHR), indeks prigušene fonacije (SPI) i indeks intenziteta osnovne frekvencije i tremora (FTRI), pri čemu ispitanici sa oštećenim sluhom ostvaruju veće vrijednosti navedenih parametara.

Zaključak. Prikazani rezultati ukazuju na patološke promjene u glasu kod ispitanika sa oštećenim sluhom i potrebu za rehabilitacijom glasa ovih ispitanika.

Glavne riječi: poremećaji glasa, akustička analiza glasa, umjereno teško oštećenje sluha

Uvod

Prema klasifikaciji Svjetske zdravstvene organizacije oštećenja sluha se dijele na: blago oštećenje sluha (26-40 dB), umjereno oštećenje sluha (41-55 dB), umjereno teško oštećenje sluha (56-70 dB), teško oštećenje sluha (71-90 dB), veoma teško oštećenje sluha (prag sluha preko 91 dB) i totalnu gluvoću (nema ostataka sluha) [1]. Na našem području skoro da uopšte nisu rađena detaljna istraživanja akustičke strukture glasa kod djece i osoba sa oštećenjem sluha, te su teorijska i istraživačka sazna-

nja na ovom polju veoma oskudna. Poznato je da se kao sekundarna posljedica oštećenja sluha u ovoj populaciji često javljaju poremećaji glasa koji se manifestuju u vidu problema sa intenzitetom, visinom i bojom glasa. Neodgovarajuća visina i neprimjerena glasnost, kao i pojačana nazalnost predstavljaju osnovne karakteristike glasa kod osoba sa oštećenim sluhom [2].

Promjene u kvalitetu ili trajanju glasa ukazuju na prisustvo oboljenja i zahtijevaju adekvatnu dijagnozu i rehabilitaciju [3]. S obzirom da je glas produkt vibratornog kretanja glasnica i rezonantnih efekata vokalnog trakta, instrumentalno praćenje samog vibratornog procesa je jedan od bitnih aspekata objektivnog instrumentalnog ispitivanja glasa [4]. Kvalitetna procjena glasa je veoma značajna, jer na osnovu nje vokalni terapeut osmišljava plan i program tretmana, i sprovodi adekvatne metode i tehnike koje podrazumijevaju ultimativnu brigu o glasu svakog pacijenta [5]. Akustička analiza glasa kao objektivna metoda ima brojne prednosti jer je lako primjenjiva, ne iziskuje velika novčana sredstva ili mnogo vremena za sprovođenje, a ugodnija je za samog pacijenta. Istovremeno su mjerenja dobijena akustičkom analizom standardizovana i na taj način je subjektivnost terapeuta pri procjeni pacijentovog glasa svedena na najmanju moguću mjeru [5]. Kompjuterizovana laboratorija za glas ima sposobnost da obezbijedi vizuelne, akustičke ili aerodinamičke informacije, odnosno objektivne podatke koji mogu poslužiti kao podrška subjektivnoj procjeni glasa, ili u svrhu potvrde komparativnosti podataka [6]. Takođe je na osnovu akustičke analize glasa moguće krajnje objektivno provjeriti uspješnost sprovedenih terapijskih procedura, ponovljenim analiziranjem akustičkih parametara na kraju tretmana poremećaja glasa. U osnovi ove metode nalazi se digitalno snimanje uzoraka glasa, koji kasnije bivaju podvrgnuti brojnim analizama različitih akustičkih parametara.

Cilj istraživanja je bio da se uradi detaljna analiza akustičke strukture vokala A kod ispitanika sa oštećenim sluhom i ispitanika sa urednim sluhom i normalnim glasom, kako bi se utvrdilo da li postoje razlike u ispitivanim parametrima glasa između ove dvije grupe ispitanika.

Metod rada

Uzorak. Uzorak je činilo 40 ispitanika, uzrasta od 17 do 20 godina ($18,50 \pm 1.13$ godina), oba pola (50% muškog) koji su podijeljeni u dvije grupe. Prvu grupu je činilo 20 ispitanika sa umjereno teškim oštećenjem sluha (55-70 dB), dok je druga grupa obuhvatila 20 ispitanika bez oštećenja sluha. Ispitanici obje grupe su međusobno ujednačeni po polu i uzrastu (± 3 mjeseca). Istraživanje je realizovano u srednjim školama i Medicinskom fakultetu u Foči, i specijalnoj školi sa domom učenika „Bubanj“ u Nišu, tokom maja 2018. godine. Studija je sprovedena u skladu sa etičkim principima koji se zasnivaju na Helsinškoj deklaraciji, a nadležni Etički odbor Medicinskog fakulteta u Foči odobrio je sprovođenje istraživanja. Od svih ispitanika uključenih u studiju tražena je i dobijena pismena saglasnost za njihovo učešće u istraživanju.

Instrumenti istraživanja. Za akustičku analizu vokala A primijenjen je multidimenzionalni kompjuterski program (MDVP; model 4300 korporacije „Kay Elemetrics“) kojim je moguće izdvojiti i do 33 različita parametra analize glasa koji se mogu grafički ili numerički uporediti sa referentnim vrijednostima. Za potrebe ovog istraživanja posmatrano je 14 akustičkih parametara glasa:

Tri parametra signala – srednja vrijednost osnovne frekvencije (Fo u Hz), standardna devijacija osnovne frekvencije (STD u Hz) i broj pitch perioda (PER);

Četiri parametra kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija frekvencije – ukupan jitter (Jita u μ s), jitter procenat (Jitt u %), relativna srednja vrijednost perturbacije (RAP u %), koeficijent varijacije osnovne frekvencije (vFo u %);

Tri parametra kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija amplitude – shimmer (SHDB u dB), shimmerprocenat (SHIM u %), koeficijent perturbacije amplitude (APQ u %);

Tri parametra šuma – odnos šuma i harmonika (NHR), indeks turbulencije glasa (VTI), indeks prigušene fonacije (SPI);

Jedan parametar tremora – indeks intenziteta osnovne frekvencije i tremora (FTRI u %).

Procedura istraživanja. Snimanje glasa je obavljeno u adekvatnoj prostoriji. Ispitanici su

imali zadatak da produženo foniraju vokal A, optimalnom jačinom i visinom glasa, u trajanju od najmanje pet sekundi. Snimanje je ponavljano tri puta, a za akustičku analizu je korišćen najkvalitetniji snimak glasa.

Statistička analiza podataka je urađena pomoću SPSS 20.0 softverskog statističkog paketa (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY, USA: IBM Corp.). Za prikazivanje prosječnih vrijednosti korišćene su aritmetičke sredine i standardne

devijacije. Za prikazivanje razlika između grupa korišćen je t test nezavisnih uzoraka. Kao nivo statističke značajnosti razlika uzeta je uobičajena vrijednost $p < 0,05$.

Rezultati

U tabeli 1 prikazane su minimalne i maksimalne vrijednosti, aritmetičke sredine i standardne devijacije analiziranih parametara vokala A, kao i rezultati t testa kojim je ispitivana razlika između

Tabela 1. Razlike između ispitanika sa oštećenim sluhom i ispitanika bez oštećenja sluha u odnosu na postignute vrijednosti ispitivanih parametara vokala A

Parametri vokala A	Ispitanici sa oštećenim sluhom	Ispitanici bez oštećenja sluha	P
Fo	231,97 ± 108,14 97,25-467,80	194,60 ± 50,65 145,23-243,97	0,170
STD	27,54 ± 33,33 2,92-143,00	2,03 ± 0,70 1,35-2,72	0,002
PER	651,65 ± 355,38 143,00-1446,00	573,16 ± 7,54 433,14-713,19	0,366
Jita	109,79 ± 78,97 21,73-326,33	34,28 ± 7,54 26,93-41,63	< 0,001
Jitt	2,13 ± 1,40 0,39-4,99	0,61 ± 0,02 0,59-0,63	< 0,001
RAP	1,24 ± 0,78 0,22-2,59	0,36 ± 0,01 0,35-0,38	< 0,001
vFo	11,51 ± 13,69 1,51-54,87	1,04 ± 0,10 0,94-1,15	0,002
ShdB	0,87 ± 0,38 0,42-1,73	0,19 ± 0,02 0,18-0,22	< 0,001
Shim	9,22 ± 3,79 4,69-17,91	2,26 ± 0,26 2,00-2,52	< 0,001
APQ	7,46 ± 2,86 3,65-12,88	1,69 ± 0,30 1,40-1,99	< 0,001
VTI	0,66 ± 0,08 0,01-0,04	0,49 ± 0,00 0,05-0,05	0,358
SPI	9,18 ± 4,45 1,74-17,31	7,15 ± 0,39 6,77-7,53	0,049
NHR	0,30 ± 0,16 0,11-0,70	0,25 ± 0,00 0,11-0,12	0,001
FTRI	5,12 ± 9,61 0,11-0,70	0,30 ± 0,00 0,30-0,31	0,031

Podaci su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija i kao opseg (min - max)

Fo – srednja vrijednost osnovne frekvencije; STD – standardna devijacija osnovne frekvencije; PER – broj pitch perioda; Jita – ukupan jitter (fizički korelat perceptivne procjene promuklosti i hrapavosti); Jitt – jitter procenat; RAP – relativna srednja vrijednost perturbacije; vFo – koeficijent varijacije osnovne frekvencije; ShdB – shimmer (varijacije u amplitudi osnovnog laringealnog tona); Shim – shimmer procenat; APQ – koeficijent perturbacije amplitude; VTI – indeks turbulencije glasa; SPI – indeks prigušene fonacije; NHR – odnos šuma i harmonika; FTRI – indeks intenziteta osnovne frekvencije i tremora

đu ispitanika sa urednim i oštećenim sluhom.

Uvidom u tabelu 1 možemo uočiti da ispitanici sa oštećenim sluhom imaju veće srednje vrijednosti svih 14 ispitivanih akustičkih parametara vokala A, u odnosu na ispitanike bez oštećenja sluha. Kod ispitanika sa oštećenim sluhom zabilježene su čak tri puta veće srednje vrijednosti jittera (arit. sredina /AS/ 109,79) i shimmera (AS = 9,22), u odnosu na vrijednosti tih istih parametara kod ispitanika sa urednim sluhom (AS = 34,28 i AS = 2,26).

Statistički značajna razlika između ispitanika sa urednim i oštećenim sluhom utvrđena je za 11 od 14 ispitivanih parametara vokala A. U parametrima kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija frekvencije, Jita, Jitt, RAP i vFo, kao i tri parametra kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija amplitude, Shdb, Shim i APQ, uočena razlika između ispitanika je bila visoko statistički značajna ($p < 0,001$). Za parametre šuma utvrđeno je postojanje značajne razlike u pogledu zastupljenosti NHR, kao i u SPI, ali ne i u VTI. Kada govorimo o dva preostala parametra signala, Fo i PER, između dvije grupe ispitanika nije uočena statistički značajna razlika u srednjoj vrijednosti Fo glasa i broju pitch perioda.

Diskusija

Rezultati našeg istraživanja su pokazali da ispitanici sa oštećenim sluhom imaju veće srednje vrijednosti svih 14 ispitivanih akustičkih parametara vokala A, što je očekivan rezultat koji potvrđuje postojanje lošijeg kvaliteta glasa kod ovih ispitanika u odnosu na one bez oštećenja sluha. Prosječna Fo predstavlja srednju vrijednost osnovne frekvencije izraženu u Hz za sve izdvojene vrijednosti momenta osnovne frekvencije [3]. Naši ispitanici sa oštećenim sluhom su imali veće srednje vrijednosti Fo u odnosu na ispitanike sa urednim sluhom. Heđever i saradnici [7] su sproveli istraživanje u okviru kojeg su istraživali 25 akustičkih parametara vokala E kod dvadesetoro djece sa oštećenjem sluha. Na osnovu rezultata istraživanja, ovi autori su zaključili da veći gubitak sluha ima za posljedicu nekontrolisano povećanje osnovne frekvencije (Fo) pri foniranju vokala E [7].

Kod naših ispitanika sa oštećenim sluhom

zabilježene su tri puta veće srednje vrijednosti jittera i shimmera u odnosu na vrijednosti istih parametara kod ispitanika sa urednim sluhom. Veliki broj istraživanja je utvrdio da se normalan i patološki glas najčešće razlikuju u parametrima Jita, Jitt, Shdb, Shim, RAP [8-10], pri čemu patološki glas karakterišu povišene vrijednosti navedenih parametara. Jitter je inače prihvaćen kao jedan od najvažnijih fizičkih korelata perceptivne procjene promuklosti i hrapavosti, dok shimmer izražava varijacije u amplitudi osnovnog larinkealnog tona [3]. Stoga se povišena vrijednost jittera manifestuje kao glas lošijeg kvaliteta, dok se veće vrijednosti shimmera u govornom glasu percipiraju kao promuklost [11].

Srednje vrijednosti akustičkih parametara APQ, VTI i SPI takođe su bile veće kod naših ispitanika sa oštećenim sluhom. Heđever [11] ističe da je glas sa povećanim vrijednostima APQ (amplitudni koeficijent perturbacije) promukao i hrapav, a da veće vrijednosti VTI ukazuju na pojačani šum u glasu. Isti autor navodi da povišene vrijednosti SPI ne moraju nužno ukazivati na poremećaj glasa [11].

Upotrebom t testa ispitivana je razlika između ispitanika sa urednim i oštećenim sluhom u vrijednostima ispitivanih parametara vokala A. Statistički značajna razlika između ispitanika sa urednim i oštećenim sluhom utvrđena je za 11 od 14 ispitivanih parametara vokala A: STD, Jitta, Jitt, RAP, vFo, Shdb, Shim, APQ, NHR, SPI i FTRI, pri čemu ispitanici sa oštećenim sluhom ostvaruju veće vrijednosti navedenih parametara.

Iako je deskriptivna analiza ukazivala da ispitanici sa oštećenim sluhom imaju povećane vrijednosti Fo, statistička analiza je pokazala da ta razlika nije dovoljno velika da bi se na osnovu nje tvrdilo da postoje značajne razlike u srednjoj vrijednosti osnovne frekvencije glasa između ispitanika sa urednim i oštećenim sluhom. Ovakav rezultat je pomalo neočekivan, ali se može objasniti činjenicom da srednja vrijednost Fo nije specifičan parametar za poremećaje glasa [12, 13].

Kod ispitanika u našem uzorku u parametrima kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija frekvencije (Jita, Jitt, RAP, vFo) uočena je visoka statistički značajna razlika između ispitanika sa urednim i oštećenim sluhom. U literaturi se pak često navodi da patološki glas karakterišu poseb-

no visoke vrijednosti perturbacije frekvencije (Jitta, Jitt) kao i perturbacije amplitude (Shdb, Shim) [14]. Razlika između tri parametra kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija amplitude, Shdb, Shim i APQ takođe je bila visoko statistički značajna između ispitanika u našem uzorku. Petrović-Lazić i saradnici [10] su sprovedeli istraživanje koje je imalo za cilj da uradi detaljnu analizu akustičke strukture vokala A prije i poslije terapije glasa kod pacijenata sa čvorićima na glasnicama. Multidimenzionalna akustička analiza patološkog glasa u navedenoj studiji je takođe pokazala visoko statistički značajne i jednake razlike za sva tri parametra kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija amplitude [10].

Razlika između ispitanika u pogledu zastupljenosti šuma u analiziranom signalu (NHR) je bila visoko statistički značajna u korist ispitanika sa urednim sluhom. Povećane vrijednosti NHR se tumače kao povećani spektralni šum, koji može biti uzrokovan varijacijama u amplitudi i frekvenciji, prisustvom turbulentnog šuma, komponentama subharmonika ili prekidima u glasu [15]. Šum koji je prisutan u analiziranom signa-

lu degradira kvalitet vokala, a ukoliko njegov energetska udio u spektru vokala pređe izvjesnu granicu, ta činjenica postaje pouzdan pokazatelj patoloških promjena u glasu [15].

Kada je u pitanju posljednji ispitivani parametar, indeks intenziteta osnovne frekvencije i tremora, u literaturi se ne mogu pronaći podaci o navedenom parametru, s obzirom da je najveći broj istraživanja koja su se bavila akustičkom analizom bio zasnovan na ispitivanju većeg broja vokala i manjeg broja parametara, u odnosu na broj ispitivanih akustičkih parametara u našem istraživanju [14, 16]. Ovo nam onemogućava da rezultate naših nalaza o ispitivanom parametru FTRI uporedimo sa drugim istraživačkim podacima.

Zaključak

Dobijeni rezultati ukazuju na patološke promjene u glasu kod ispitanika sa oštećenim sluhom i potrebu za rehabilitacijom glasa u tretmanu kod ovih pacijenata.

Izvor finansiranja. Autori nisu dobili sredstva namijenjena ovom istraživanju.

Etičko odobrenje. Etički odbor Medicinskog fakulteta u Foči odobrio je studiju, a svi ispitanici su dali svoju saglasnost za učešće u studiji. Istraživanje je sprovedeno u skladu sa Helsinškom deklaracijom.

Sukob interesa. Autori izjavljuju da nemaju sukob interesa.

Funding source. The authors received no specific funding for this work.

Ethical approval. The Ethics Committee of the Faculty of Medicine in Foča approved the study and informed consent was obtained from all individual respondents. The research was conducted according to the Declaration of Helsinki.

Conflicts of interest. The authors declare no conflict of interest

Literatura

1. World Health Organization. International classification of impairments, disabilities, and handicaps. Geneva: WHO;1980.
2. Vranić Đ, Behlul B. Analysis of formants values in nasal spectrum of children with cochlear implants. Prvi međunarodni znanstveni skup u BIH na temu: Kohlearni implant u funkciji razvoja slušanja, jezika i govora. 2007, Sarajevo. Zbornik rezimea. Sarajevo: Centar za slušnu i govornu rehabilitaciju; 2007; p. 48-9.
3. Petrović-Lazić M, Babac S, Tatović M, Ivanković Z. Voice analysis before and after vocal tiredness. *Vojnosanit pregl* 2011;68(3):209-13.
4. Petrović-Lazić M, Jovanović-Simić N, Šehović I, Čalasan S. Uticaj zamora na akustičke karakteristike glasa kod vokalnih profesionalaca. *Biomedicinska istraživanja* 2016;7(1):6-10.
5. Sapienza C, Ruddy BH. Voice disorders, 3rd edition. San Diego, CA: Plural Publishing Inc; 2016.
6. Bunijevac M, Petrović-Lazić M, Jovanović-Simić N, Vuković M. Voice analysis before and after vocal rehabilitation in patients following open surgery on vocal cords. *Vojnosanit pregl* 2016;73(2):165-8.
7. Heđever M, Sardelić S, Zovko I. Acoustic characteristics of phonation in children with hearing impairment. Prvi znanstveni skup s međunarodnim sudjelovanjem Glas/Voice. 2001, Opatija. Zbornik rezimea. Opatija: 2001.
8. Kandogan T, Seifert E. Influence of aging and sex on voice parameters in patients with unilateral vocal cord paralysis. *Laryngoscope* 2005;115(4):655-60.

9. Selby JC, Gilbert HR, Lerman JW. Perceptual and acoustic evaluation of individuals with laryngopharyngeal reflux pre-and post-treatment. *J Voice* 2016;17(4):557-70.
10. Petrović-Lazić M, Babac S, Ivanković Z, Kosanović R. Multidimensional acoustic analysis of pathological voice. *Srp Arh Celok Lek* 2009;137(5-6):234-8.
11. Heđever M. Osnove fiziološke i govorne akustike. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet; 2012.
12. Holmberg EB, Doyle P, Perkell JS, Hammarberg B, Hillman RE. Aerodynamic and acoustic voice measurements of patients with vocal nodules: variation in baseline and changes across voice therapy. *J Voice* 2003;17(3):269-82.
13. Manfredi C, d'Aniello M, Brusciaglioni P, Ismaelli A. A comparative analysis of fundamental frequency estimation methods with application to pathological voices. *Med Eng Phys* 2000;22(2):135-47.
14. Sorensen D, Horii Y. Frequency characteristics of male and female speakers in the pulse register. *J Commun Dis* 1984;17(1):65-73.
15. Petrović-Lazić M, Jovanović N, Kulić M, Babac S, Jurišić 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.
16. Amir O, Dukas M, Shnaps-Baum R. The effect of a 'voice course' on the voices of people with and without pathologies: preliminary observations. *Logoped Phoniatr Vocol* 2005;30(2):63-71.

Acoustic characteristics of voice in examinees with moderately-severe hearing loss

Sladjana Čalasan¹, Mirjana Petrović-Lazić², Nadica Jovanović-Simić², Snežana Babac²

¹University of East Sarajevo, Faculty of Medicine, Foča, The Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

²University of Belgrade, Faculty of Special Education and Rehabilitation, Belgrade, Serbia

Introduction. Voice is the result of vocal cord vibrations and resonance effects of the vocal tract, therefore, the instrumental monitoring of the vibrations themselves is one of the essential aspects of objective instrumental assessment of voice. Inadequate height and volume, as well as increased nasality, represent the basic characteristics of voice in hearing-impaired persons. The aim of the study was to perform a detailed analysis of the acoustic structure of vowel /a/ in the hearing-impaired persons and in those with normal hearing and voice.

Methods. The sample comprised 40 participants, aged 17 to 20 years (18.50 ± 1.13), both sexes (50% males), divided into two groups. The first group consisted of 20 participants with moderately-severe hearing loss (56-70 dB), while the second group included 20 normal-hearing participants. Members of both groups were equal to each other in sex and age (± 3 months). The research was conducted in secondary schools, the Faculty of Medicine in Foča, as well as in Special School with a Student's Dormitory "Bubanj" in Niš during May 2018.

Results. A statistically significant difference between hearing-impaired and normal-hearing speakers was found in 11 out of 14 tested acoustic parameters of vowel /a/: Standard Deviation of Fundamental Frequency (STD), Absolute Jitter (Jitta), Percentage of Jitter (Jitt), Relative Average Perturbation (RAP), Fundamental Frequency Variation (vFo), Shimmer (Shdb), Percentage of Shimmer (Shim), Amplitude Perturbation Quotient (APQ), Noise-to-Harmonic Ratio (NHR), Soft Phonation Index (SPI) and Frequency Tremor Intensity Index (FTRI) whereby the hearing-impaired participants showed higher values of the above-mentioned parameters.

Conclusion: The obtained results show pathological changes in the voice of hearing-impaired persons, as well as the need for voice rehabilitation.

Keywords: voice disorders, acoustic voice analysis, moderately-severe hearing loss