

**UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET ZA SPECIJALNU EDUKACIJU I
REHABILITACIJU**

**U SUSRET INKLUZIJI –
DILEME U TEORIJI I PRAKSI**

*Priredio
Dobrivoje Radovanović*

Beograd, 2008.

**EDICIJA:
radovi i monografije**

„U SUSRET INKLUZIJI – DILEME U TEORIJI I PRAKSI“

Izdavač
Univerzitet u Beogradu
Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju –
Izdavački centar (CIDD)

Za izdavača
Prof. dr Dobrivoje Radovanović, dekan

Urednik edicije
Prof. dr Zorica Matejić-Đuričić

Uređivački odbor
*Prof. dr Dobrivoje Radovanović, Prof. dr Dragan Rapaić,
Prof. dr Nenad Glumbić, Prof. dr Sanja Đoković, Doc. dr Vesna Vučinić,
Prof. dr Mile Vuković, Prof. dr Svetlana Slavnić*

Recenzenti
*Prof. dr Stane Košir
Doc. dr sci. Senka Sardelić*

Štampa
„Planeta print“, Beograd

Tiraž
350

ISBN 978-86-80113-71-5

**Objavljivanje ove knjige pomoglo je
Ministarstvo nauke Republike Srbije**

*Odlukom Nastavno-naučnog veća br. 3/9 od 8.3.2008. o pokretanju
Edicije: monografije i radovi.*

www.fasper.bg.ac.yu

AKUSTIČKI MODEL GLASA PRE I POSLE VOKALNE TERAPIJE

Mirjana Petrović-Lazić, Nada Dobrota-Davidović
Univerzitet u Beogradu, Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju
Klinika za otorinolaringologiju Kliničko-bolničkog centra "Zvezdara"

Postoji više načina da se ispituju efekti vokalne terapije kod poremećaja glasa. Najprecizniji način je primena kompjuterske analize glasa.

Cilj ovog istraživanja je bio da se izvrši detaljna analiza akustičke strukture vokala A pre i posle terapije glasa kod pacijenata sa čvorićima na glasnicama, da bi dobili kvantitativnu verifikaciju uspeha vokalne rehabilitacije.

Ispitano je 37 pacijenata ženskog pola, starosti $34,6 \pm 6,69$ godina sa čvorićima na glasnicama. Kod svih je sniman i analiziran vokal A pre i posle jednomesečne vokalne terapije. Uspeh vokalne terapije je bio praćen kompjuterskom analizom akustičke strukture vokala. Obradeni su parametri signala, šuma i tremora.

Od analiziranih parametara vokala A, jedanaest je imalo poboljšanje ($p < 0,05$, i $p < 0,01$). Tri parametra su imala promene u smislu poboljšanja ali uočene razlike nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$).

Na osnovu dobijenih rezultata konstatovano je da je vokalna terapija dala zadovoljavajuće rezultate ali da se sa vokalnom terapijom treba nastaviti do potpune stabilizacije glasa.

Ključne reči: poremećaji glasa, akustička analiza glasa, vokalna terapija

UVOD

Klasičan način da se opiše akustika ljudskog govora je korišćenje linearnog modela izgovora gde je glasovni signal uzrokovan periodičnom impulsnom sekvencom, filtriranim glotisom, vokalnim traktom i usnama [1]. Ipak, u stvarnosti glas sadrži nepravilne komponente koje su (verovatno) uzrokovane haotičnom prirodom funkcija larinksa. Glas bez nepravilnosti se ne smatra ljudskim, zbog čega napredni sintetizatori govora, zasnovani na linearnom modelu, uvode neke nepravilnosti. Patologija glasa može da izazove povećan šum u glasovnom signalu, kao što su: različiti poremećaji i varijacije osnovne frekvencije i amplitude, subharmonici, turbulentni šum, prekidi u glasu i tremor. Ključ za razvoj

metoda za procenu patoloških glasova je u razumevanju akustike ovih promena.

Patološki procesi, kao što su čvorići na glasnicama, uočljivo narušavaju akustičku strukturu glasa. Veličina narušavanja zavisi od veličine čvorića kao i od stepena disfoničnosti glasa. Akustičke strukturalne promene su posledica izmenjenih vokalnih mehanizama i usvojenih novih nepravilnih automatizama.

Čvorići glasnica su beličasta zadebljanja veličine čiodine glave koja se javljaju na slobodnoj ivici glasnica [2]. Predilekciono mesto za stvaranje čvorića na glasnicama je granica između prednje i srednje trećine glasnice. Vokalna trauma na ovom mestu dovodi do najvećeg međusobnog trenja glasnica usled čega se stvara subepitelijalna hemoragija i edem. Ovi poremećaji glasa najčešće se javljaju kod dece i vokalnih profesionalaca, ima ih ali ređe i kod ljudi kojima glas nije primarno sredstvo u zanimanju. Pored vokalne zloupotrebe glasa, kao glavnog uzroka nastanka čvorića, navode se i sledeći faktori: alergija, česti zapaljenski procesi, hormonski poremećaji i struktura ličnosti. Kod ovih pacijenata glas je promukao, a prisutni su i zamorljivost glasa, smanjenje njegovog raspona i tvrda ataka.

Bilo koji od navedenih načina neadekvatne upotrebe glasa će kod velikog broja, naročito vokalnih profesionalaca, dovesti do naprezanja glasnice koje će vremenom prouzrokovati čvoriće i promukao glas. Ovakav glas otežava život pacijenta i utiče na njihov socijalni, psihološki i profesionalni integritet. Izmenjena akustička struktura kod osoba sa disfonijskim poremećajima može se eliminisati odgovarajućim terapijskim postupcima [3]. Opšte je prihvaćeno da je vokalna terapija efikasna u poboljšanju kvaliteta glasa i laringealne disfunkcije, u mnogim neorganskim kao i organskim poremećajima [3]. Zbog toga je bitno stalno usavršavati metode rada koje će omogućiti brže i efikasnije otklanjanje ovih tegoba. U tu svrhu danas se sve više koriste i egzaktne kompjuterizovane metode[4].

CILJ RADA

Uvođenjem savremene tehnike i tehnologije obrade glasa mnogo brže i lakše se uočavaju i registruju strukturni detalji glasa, koji se ranije nisu jasno isticali, ili su bili nezapaženi. Ti isti detalji kako se kasnije pokazalo, imaju krupan značaj u dijagnostici i rehabilitaciji lica sa poremećajima glasa. Cilj istraživanja je bio da se izvrši detaljna analiza akustičke strukture vokala A pre i posle terapije glasa, čime će se dobiti kvantitativna verifikacija uspeha vokalne rehabilitacije.

METOD RADA

Ispitivanjem koje je sprovedeno na ORL Klinici, KBC "Zvezdara" u Beogradu obuhvaćeno je 37 pacijenata ženskog pola. Izbor ispitanika i klinički pregled izvršio je najpre otorinolaringolog a zatim fonoped. U istraživanju su učestvovali samo ispitanici sa čvorićima na glasnicama. Kod svih ispitanika sniman je i analiziran vokal A. Svi pacijenti su snimljeni kada su se prvi put javili na pregled, a zatim posle jednomesečne vokalne terapije koja se provodila ambulantno, dva puta nedeljno. Ispitanici su smireno i spontano u sedećem položaju upućeni da normalnim glasom izgovore vokal A izolovano, izvan konteksta. Akustička struktura vokala svakog ispitanika je analizirana u realnom vremenu. Uspeh vokalne terapije je bio praćen kompjuterskom analizom akustičke strukture vokala "Kompjuterizovanom laboratorijom glasa", firme "Kay Elemetrics". Prosečno vreme ispitivanja i prikupljanje podataka je trajalo između dvadeset i trideset minuta, što se smatra korektnim tempom sa stanovišta zamora ispitanika.

Urađeno je praćenje 14 parametara multidimenzionalne analize glasa: parametri signala (srednja vrednost osnovne frekvencije - F0 /Hz, standardna devijacija osnovne frekvencije - STD/Hz/, broj pitch perioda - PER), parametri kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija frekvencije (ukupan jitter - Jita /us/, procenat jitter -a Jitt /%//, relativna srednja vrednost perturbacije - RAP /%//, koeficijent varijacija osnovne frekvencije - vF0 /%/), parametri kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija amplitude (shimmer - ShdB /dB/, procenat shimmer-a Shim /%//, koeficijent perturbacije amplitude - APQ /%/), parametri šuma (odnos šum/harmonik - NHR, indeks turbulencija glasa - VTI, indeks prigušene fonacije - SPI), analiza tremora (indeks intenziteta Fo-tremor - FTRI /%/ /, indeks intenziteta amplitudnog tremora - ATRI /%/).

U opisivanju i analizi dobijenih podataka korišćene su metode deskriptivne i analitičke statistike. Od metoda deskriptivne statistike u radu su našle primenu mere centralne tendencije, mere varijabiliteta, i tabeliranje. U analitičkoj statistici za procenu značajnosti razlike, korišćeni su Studentov-t test za parametarske, a Vilkoksonov test (Wilcoxon) ekvivalentnih parova - W za neparametarske podatke. S obzirom da je veličina uzorka bila 37, značajnost razlike je kod Vilkoksonovog testa je određena Zed-Z testom, jer su se podaci ponašali po normalnoj raspodeli.

REZULTATI

Starost naših ispitanika je bila od 25 do 45 godina. Prosečna starost je bila $34,6 \pm 6,69$ godina. Zastupljenost predisponirajućih faktora koji mogu uticati na pojavu čvorića na glasnicama prikazana je na tabeli 1. Najčešće su bili zastupljeni vokalna opterećenost kod ljudi koji se

profesionalno bave glasom (74%), i alergija gornjih disajnih puteva (63,7%). Slede pušenje (61%), i genetska predispozicija (51%).

Tabela 1. Predisponirajući faktori za nastanak čvorića na glasnicama

Predisponirajući faktori	Da [%]	Ne [%]
Vokalni profesionalizam	74.0	26.0
Alergija	63.7	36.3
Pušenje	61.0	39.0
Genetska predispozicija	51.6	48.4

Rezultati srednje vrednosti osnovne frekvencije - F0/Hz glasa pre i posle vokalne rehabilitacije su se razlikovali, ali uočena razlika nije bila statistički značajna ($t=1,207$; $df= 29$: $p>0,05$). Drugi parametri osnovne frekvencije, standardna devijacija osnovne frekvencije - STD/Hz/ i broj pitch perioda PER su imali veliko poboljšanje ($W=14$; $Z=-4,398$; $p<0,01$ i $W=27$; $Z=-4,331$; $p<0,01$). Parametri kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija frekvencije ukupan jitter- Jit, procenat jitter-a Jitt /%/, relativna srednja vrednost perturbacije- RAP /%/, i koeficijent varijacije osnovne frekvencije- vFo , su takođe bili znatno poboljšani nakon vokalne terapije. Uočena razlika za sve navedene parametre je bila visoko statistički značajna ($W=459$; $Z=-4,779$; $p. <0,01$ $W=457$; $Z=-4,762$; $p<0,01$; $W=1$; $Z= -4,742$; $p<0,01$; $W= 1$; $Z= -4,762$; $p: <0,01$). Nakon vokalne terapije rezultati parametara kratkotrajnih i dugotrajnih perturbacija amplitude (shimmer - ShdB procenat shimmer-a Shim %, koeficijent perturbacije amplitude -APQ %) su bili daleko bolji. Uočene razlike za sva tri parametra bile su visoko statistički značajne ($W= 0$; $Z=-4,872$; $p<0,01$, za sva tri parametra). Prisustvo šuma u analiziranom signalu - odnos šum/harmonik NHR, nije se značajno promenio nakon sprovedene rehabilitacije ($W=191$; $Z=-0,988$; $p>0,05$). Za ostale parametre šuma terapija je imala veći efekat. Tako su indeks turbulencije glasa - VTI i indeks prigušene fonacije - SPI znatno poboljšani ($W=131,5$; $Z=-2,139$; $p<0,05$) ($W=466$; $Z=-4,782$; $p<0,01$). Analizom tremora kroz indeks intenziteta- FTRI, nije uočeno značajno poboljšanje ($W=171$; $Z=-1,265$; $p>0,05$). Na tabelama 2 i 3. prikazani su rezultati srednje vrednosti i standardne devijacije analiziranih parametara vokala A naših ispitanika pre i posle vokalne terapije

Tabela 2. Analizirani parametri vokala A pre vokalne terapije

Analizirani parametar	Broj ispitanika	Srednja vrednost	Standardna devijacija
F0	37	163.45005	33.43100
STD	37	4.25913	1.80692
PER	37	521.73003	152.43662
JITA	37	109.05756	65.61553
JITT	37	2.39730	0.95230
RAP	37	1.89133	1.60134
vF0	37	2.81187	1.42947
SHDB	37	0.80577	0.33499
SHIM	37	5.05726	1.65655
APQ	37	3.91653	1.59988
NHR	37	0.29578	0.22600
VTI	37	0.18050	0.22637
SPI	37	20.82253	11.00753
FTRI	37	1.00740	0.46037

Tabela 3. Analizirani parametri vokala A posle vokalne terapije

Analizovani parametar	Broj ispitanika	Srednja vrednost	Standardna devijacija
F0	37	154.28872	42.97806
STD	37	1.45998	0.69986
PER	37	236.20065	142.40229
JITA	37	11.70291	0.45115
JITT	37	0.20147	0.098750
RAP	37	0.20083	0.11287
vF0	37	0.57988	0.26732
SHDB	37	0.19053	0.089235
SHIM	37	1.89747	0.12063
APQ	37	1.53057	0.29157
NHR	37	0.24977	0.21735
VTI	37	0.089887	0.15049
SPI	37	4.90170	1.76784
FTRI	37	0.75200	0.65746

DISKUSIJA

U istraživanju je uspeh vokalne terapije pacijenata sa čvorićima na glasnicama bio praćen kompjuterskom analizom strukture vokala A. Mnoge studije su dokumentovale efekte vokalne terapije u popravljanju akustičke strukture glasa [3,5-7]. Doyle i saradnici su ukazali na povezanost pušenja, glasovnog napora, alergije i genetske predispozicije sa pojavom čvorića na glasnicama [8]. Kod naših pacijenata zastupljenost predisponirajućih faktora za nastanak čvorića na glasnicama slaže se sa nalazima drugih autora [2]. Srednja vrednost osnovne frekvencije glasa

- F0 pre i posle vokalne terapije kod naših pacijenata se nije značajno razlikovala. U drugim studijama podaci se slažu sa našim nalazima [8]. Ovo se objašnjava činjenicom da srednja vrednost osnovne frekvencije - F0 nije specifičan parametar za poremećaje glasa [8]. Odnos šum/harmonik NHR, nije se značajno promenio nakon sprovedene rehabilitacije. Slične rezultate dobili su Amir i saradnici [9]. Kao objašnjenje naveli su približne vrednosti pomenutog parametra pre započinjanja terapije sa normalnim vrednostima. Kod indeksa intenziteta tremora-FTRI, takođe nije uočeno značajno poboljšanje. Proučavanjem nama dostupne literature nismo našli podatke o ovom parametru. Uglavnom su istraživanja bila zasnovana na ispitivanju većeg broja vokala a manjeg broja akustičkih parametara [9-14]. Moguće objašnjenje nedovoljnog poboljšanja FTRI je kratko trajanje vokalne terapije, od samo mesec dana. Brojna istraživanja su dokumentovala da se normalan i patološki glas razlikuju u mnogim parametrima [10]. Za patološki glas su karakteristične visoke vrednosti perturbacije frekvencije i perturbacije amplitude [10,11]. Posle jednomesečne vokalne terapije vokal A je pokazao poboljšanje akustičke strukture glasa kod naših pacijenata, što se na tabelama 2 i 3 prikazuje kao smanjenje vrednosti svih ispitivanih parametara. Od četrnaest analiziranih parametara vokala A statistički značajno i visoko značajno poboljšanje uočeno je kod jedanaest: standardne devijacije osnovne frekvencije - STD/Hz/ i broja pitch perioda PER, ukupnog jitter-a-Jit, procenata jitter-a Jitt /%/ , relativne srednje vrednosti perturbacije - RAP /%/ , i koeficijenta varijacije osnovne frekvencije-vFo, shimmer-a - ShdB, procenta shimmer-a Shim %, koeficijenta perturbacije amplitude - APQ /%/ , indeksa turbulencije glasa - VTI i indeksa prigušene fonacije - SPI. Ovi podaci ne odstupaju od onih iz literature [8,11,14].

Naše ispitivanje je pokazalo da kompjuterska analiza glasa u praćenju pacijenata sa poremećajima glasa, predstavlja objektivan tehnički metod sa visokim stepenom preciznosti u praćenju toka terapije sa jedne strane, a sa druge u velikoj meri isključuje rizik neadekvatne terapije. Naši rezultati preporučuju upotrebu multidimenzionalne analize glasa za praćenje uspeha vokalne terapije. Ovo je u skladu sa kliničkim iskustvom jer je cilj vokalne terapije postizanje estetski kvalitetnog i čistog glasa.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je posle jednomesečne vokalne terapije došlo do popravljavanja akustičke strukture vokala A kod posmatranih ispitanika, ali ne u dovoljnoj meri, te je potrebno nastaviti sa terapijom do potpune korekcije glasa.

Kompjuterizovana laboratorija za glas, koja je korišćena u radu, ima sposobnost da obezbedi vizuelne, akustičke, ili aerodinamičke informa-

cije. Laboratorija za glas ima za cilj da obezbedi objektivne podatke, služi kao podrška subjektivnoj proceni ispitivanja. Može se koristiti i kao potvrda komparativnosti. Kada je pacijent podvrgnut programu vokalne terapije, mogu se dokumentovati predterapijske i postterapijske analize. Ove analize se mogu koristiti kao pomoć u dijagnostici, a veoma pomažu i u procesu uspešnosti terapije. Na ovaj način laboratorija za glas je od velike pomoći i pacijentu i vokalnom terapeutu.

LITERATURA

1. Amir, O, Dukas & Rachel, M, Shnaps-Baum, R. (2005): The effect of a voice course on the voices of people with and without pathologies: Preliminary observations. *Logoped Phoniatr Vocol*;30:63-71.
2. Carding, PN, Horsley, IA, Docherty, GJ. (1993): A study of the effectiveness of voice therapy in the treatment of 45 patients with nonorganic dysphonia. *J Voice*;13:72-104.
3. Dellinsky, D. (1993): Acoustic model and evaluation of pathological voice production. Proceedings of the 3rd Conference on Speech Communication and Technology EUROSPEECH 93. Berlin, Germany.
4. Doyle, P, Perkell, JS, Hammarberg, B, Hillman, RE. (2003): Aerodynamic and acoustic voice measurements of patients with vocal nodules: Variations in baseline and changes across voice therapy. *J Voice*; 17: 269-82
5. Halberstam, B. (2004): Acoustic and perceptual parameters relating to connected speech are more reliable measures of hoarseness than parameters relating to sustained vowels. *J Oto Rhino Laryngol*;66:70-3.
6. Hirano, M. (1981): Clinical examination of the voice. Disorders of communication. N. J.: Springer-Verlag; 25-34
7. Hisayoshi, K. (1980): Computer analysis of hoarseness. *Acta Otolaryngol*;89: 547-54.
8. Holmberg, EB, Hillman, RE, Hammarberg, B, Sodersten, M, Doyle, P. (2001): Efficacy of a behaviorally based voice therapy protocol for vocal nodules. *J Voice*;15: 395-412.
9. MacKenzie, K, Millar, A, Wilson, JA, Sellars, C, Deary, I. (2001): Is voice therapy an effective treatment for dysphonia A randomized controlled trial. *BMJ*; 323:1-6.
10. Petrović-Lazić, M. (1995): Spektralna analiza vokala I u normalnom glasu. *Beogradska defektološka škola*, br. 1, Beograd.
11. Petrović-Lazić, M. (1995): Spektralna analiza vokala I u normalnom glasu. *Beogradska defektološka škola*, br. 1, Beograd.
12. Raming, L.O., Verdolini, K. (1988): Treatment efficacy: Voice disorders. *J Speech lang Hear Res*; 41:101-16.
13. Sorenson, D, Horii, Y. (1983): Frequency and amplitude perturbation in the voice of female speakers. *J Commun Dis*;16:57-61.
14. Sorenson, D., Horii, Y. (1984): Frequency characteristics of male and female speakers in the pulse register *J Commun Dis*;17:65-73.

ACOUSTIC VOICE ANALYSIS BEFORE AND AFTER VOICE THERAPY

We showed multidimensional acoustic analysis of A vowel sound in disorder speech state in patients with vocal fold nodules before and after voice therapy.

The aim of this study was to conducted acoustic analysis of A vowel in patients with vocal fold nodules before and after vocal therapy in order to get quantitative confirmation of success of the vocal therapy.

We examined female 37 patients, 34.6 ± 6.69 years old with vocal fold nodules. In all patients vowel A was recorded and analyzed before and one month after vocal treatment. Success of vocal therapy was followed-up through the computed acoustic analysis of vowel A. We analyzed parameters of the voice signal, noise, and tremor.

Eleven out from Fourteen analysed parameters showed significant improvement.

It is suggested that the phonopedical therapy should be continue up to final stabilization of the voice.

Key words: voice disorders, acoustic voice analysis, voice therapy