

Мултидимензионална акустичка анализа патолошког гласа

Мирјана Петровић-Лазивић, Снежана Бабац, Зоран Иванковић, Раде Косановић

Клиника за оториноларингологију, Клиничко-болнички центар „Звездара“, Београд, Србија

КРАТАК САДРЖАЈ

Увод Постоји субјективно и објективно праћење ефеката вокалне терапије код поремећаја гласа. Најпрецизнији начин објективног посматрања је примена компјутерске анализе гласа.

Циљ рада Циљ истраживања је био да се уради детаљна анализа акустичне структуре вокала А пре и после терапије гласа код пацијената са чворићима на гласницима, како би се добила објективна потврда успеха вокалне рехабилитације.

Методе рада Испитано је 30 жена старости од 34,6±6,69 година са чворићима на гласницима. Акустички параметри гласа су упоређивани с контролном групом, коју је чинила 21 жена с нормалним гласом. Код свих је сниман и анализиран вокал А пре и после једномесечне вокалне терапије. Успех лечења је праћен компјутерском анализом акустичне структуре вокала. Обрађени су параметри сигнала, шума и тремора.

Резултати Од анализираних параметара вокала А (*STD, PER, JITA, JITT, RAP, vFO, SHDB, SHIM, APQ, VTI, SPI, FO, NHR, FTRI*) једанаест је имало побољшање ($p < 0,05$ и $p < 0,01$), док су три параметра (*FO, NHR, FTRI*) имала промене у смислу побољшања, али уочене разлике нису биле статистички значајне ($p > 0,05$).

Закључак На основу добијених резултата закључено је да је вокална терапија била задовољавајућа, али да с њом треба наставити до потпуне стабилизације гласа.

Кључне речи: поремећаји гласа; акустичка анализа гласа; чворићи на гласницима; вокална терапија

УВОД

Класичан начин да се опишу акустичне особине људског говора је коришћење линеарног модела изговора, где је гласовни сигнал узрокован периодичном импулсном секвенцом, филтрираном глотисом, вокалним трактом и уснама [1]. Ипак, у стварности глас садржи неправилне компоненте које су (вероватно) условљене хаотичном природом функција ларинкса. Глас без неправилности се не сматра људским, због чега напредни синтетизатори говора, засновани на линеарном моделу, уводе неке неправилности. Код оштећеног гласа повећан је шум у гласовном сигналу, а може се испољавати у виду различитих поремећаја и варијације основне фреквенције и амплитуде, субхармоника, турбулентног шума, прекида у гласу и тремора. Кључ за развој метода за процену патолошких гласова је у разумевању ових акустичних промена.

Патолошки процеси, као што су чворићи на гласницима, уочљиво нарушавају акустичну структуру гласа. Оштећење гласа зависи од величине чворића и степена дисфониčnosti гласа. Акустичне структурне промене су последица измењених гласовних механизма и усвојених нових неправилних аутоматизама.

Чворићи гласница су беличаста задебљања величине главе чиоде која се јављају мало испод слободне ивице гласница [2]. Предилекционо место за стварање чворића на гласницима је граница између предње и средње трећине гласнице. Траума гласа на овом месту доводи до највећег међусобног колизионог притиска гласница, услед чега се стварају субепително крварење и оток. Хистолошки, реч је о интраепителном задебљању с изве-

сним степеном хиперкератозе [2]. Сматра се да је код особа са чворићима на гласницима заступљена вокална хиперкинезија, која доводи до хипертонуса спољашњих и унутрашњих мишића ларинкса, што условљава неравнотежу аеродинамичних сила [3]. Појава чворића доводи до непотпуне оклузије глотиса, што ствара повећану турбуленцију ваздуха кроз глотис [4]. Напор да се произведе глас доводи до даљег повећања тензије мишића, притиска на субглотис и колизионе силе гласница, што чини *circulus vitiosus* [2, 3].

Чворићи гласница најчешће се јављају код деце и тзв. вокалних професионалаца. Има их, али ређе, и код људи којима глас није примаран у занимању. Истраживања су показала да се чворићи на гласницима знатно чешће јављају код особа женског пола [5]. Поред вокалне злоупотребе гласа, као главног узрока настанка чворића, наводе се и следећи фактори: алергија, чести запаљењски процеси, хормонски поремећаји. Код ових пацијената глас је промукао, а присутни су и заморљивост гласа, смањење његовог распона и тврда атака. Тврда атака настаје када се гласнице у префонаторној фази нагло примакну средњој линији и чврсто затворе глотис [6, 7]. За тврду атаку потребно је два пута више ваздуха и неколико пута већа мишићна снага да би дошло до фонације.

Било који од наведених начина неадекватне употребе гласа ће код великог броја, нарочито вокалних професионалаца, довести до напрезања гласница које ће временом проузроковати чвориће и промукао глас. Овакав глас отежава живот пацијента и утиче на њихов социјални, психолошки и професионални интегритет. Измењена акустична структура код особа са дисфонијама може се елиминисати одговарајућим терапијским поступ-

цима [8]. Опште је прихваћено да је вокална терапија ефикасна у побољшању квалитета гласа и дисфункције ларинкса [8]. Због тога је битно стално усавршавати методе рада које ће омогућити брже и ефикасније отклањање ових тегоба. У ту сврху данас се све више користе и егзактне компјутеризоване методе [9, 10].

ЦИЉ РАДА

Циљ истраживања је био да се уради детаљна анализа акустичне структуре вокала А код пацијената са чворићима на гласницама пре и после вокалне терапије. Ова анализа имала је циљ да обезбеди објективну верификацију успеха лечења гласа. Увођењем савремене технике и технологије анализе гласа, много брже и лакше се уочавају и бележе структурни детаљи гласа који се раније нису јасно истицали или се нису запажали. Ти исти детаљи – како се касније показало – веома су значајни у дијагностиковању и рехабилитацији лица с поремећајима гласа.

МЕТОДЕ РАДА

Испитивање је изведено на ОРЛ клиници Клиничко-болничког центра „Звездара” у Београду и обухватило је 30 жена са чворићима на гласницама. Контролну групу је чинила 21 испитаница с нормалним гласом и она је, осим по полу, стратификована и по старости. Избор испитаница с оштећењем гласа и испитаница контролне групе обавио је најпре оториноларинголог, а затим фонопед.

Код свих испитаница сниман је и анализиран вокал А. Све су снимљене када су се први пут јавиле на преглед, а затим после једномесечне вокалне терапије која се изводила у амбуланти два пута недељно. Рехабилитација гласа је подразумевала едукацију о гласу, вокалној хигијени и учење одређених вокалних техника. Испитанице су добиле упутство да смирено и спонтано у седећем положају изговарају вокал А. Акустична структура вокала сваке испитанице је анализирана у реалном времену. Успех вокалне терапије је праћен компјутерском анализом акустичне структуре вокала помоћу програма *Computer Speech Lab* (Компјутеризоване лабораторије гласа) фирме *Kay Elemetrics*.

Посматрано је 14 параметара мултидимензионалне анализе гласа:

- параметри сигнала – средња вредност основне фреквенције ($F0$ у Hz), стандардна девијација основне фреквенције (STD у Hz), број тзв. пич периода (PER);
- параметри краткотрајних и дуготрајних пертурбација фреквенције – укупан џитер ($jitter$; JIT у μs), проценат џитера ($JITT$ у %), релативна средња вредност пертурбације (RAP у %), коефицијент варијација основне фреквенције ($vF0$ у %);
- параметри краткотрајних и дуготрајних пертурбација амплитуде – шимер ($shimmer$; $SHDB$ у dB), проценат шимера ($SHIM$ у %), коефицијент пертурбације амплитуде (APQ у %);

- параметри шума – однос шума и хармоника (NHR), индекс турбуленција гласа (VTI), индекс пригушене фонације (SPI);
- анализа тремора – индекс интензитета основне фреквенције и тремора ($FTRI$ у %).

У описивању и анализи добијених података коришћене су методе дескриптивне и аналитичке статистике. Од метода дескриптивне статистике у раду су примењене мере централне тенденције, мере варијабилитета и табелирање. У аналитичкој статистици су за процену значајности разлике коришћени Студентов t -тест за параметарске и Вилкоксон (*Wilcoxon*) тест еквивалентних парова (W) и χ^2 -тест за непараметарске податке. Будући да је узорак обухватио 30 испитаника, значајност разлике је код Вилкоксоновог теста одређена Z -тестом, јер су подаци били нормално распоређени.

РЕЗУЛТАТИ

Испитанице са чворићима на гласницама биле су старе од 25 до 45 година (у просеку $34,60 \pm 6,69$ година), док су испитанице контролне групе имале између 21 године и 46 година (просечно $33,56 \pm 7,11$ година). Резултати примене χ^2 -теста између две групе показали су да старост није била статистички значајна ($\chi^2=2,312$; $df=1$; $p>0,05$), што је значило да је изабрана одговарајућа контролна група.

Заступљеност предиспонирајућих фактора који могу утицати на појаву чворића на гласницама приказана је у табели 1. Најчешће су биле заступљене вокална оптерећеност код људи који у својој професији користе глас (73%) и алергија горњих дисајних путева (66,7%); следе пушење (60%) и генетска предиспозиција (53%). Пушење и вокална оптерећеност забеле-

Табела 1. Предиспонирајући фактори за настанак чворића на гласницама

Table 1. Predisposing factors for vocal folds nodules development

Предиспонирајући фактори Predisposing factors	Број испитаница (%) Number of patients (%)	
	Da / Yes	Ne / No
Вокална оптерећеност Vocal abuse	21 (70.0)	9 (30.0)
Алергија Allergy	20 (66.7)	10 (33.3)
Пушење Smoking	18 (60.0)	12 (40.0)
Генетска предиспозиција Genetic predisposition	16 (53.3)	14 (46.7)
Пушење и вокална оптерећеност Smoking and vocal abuse	9 (30)	21 (70)
Алергија и пушење Allergy and smoking	7 (23.3)	23 (76.7)
Пушење, алергија и генетска предиспозиција Smoking, allergy and genetic predisposition	5 (16.7)	25 (83.3)
Пушење, алергија, генетска предиспозиција, вокална оптерећеност Smoking, allergy, genetic predisposition and vocal abuse	4 (13.3)	26 (86.7)

жени су истовремено код 29% испитаница, а алергија и пушење у 27% случајева. Код 13% испитаница устaновљени су пушење, алергија и генетска предиспозиција, док су код 8% испитаница били заступљени сви поменути фактори ризика.

Поређење средњих вредности испитиваних параметара пре вокалне терапије у односу на средње вредности параметара контролне групе открило је статистички високо значајну разлику ($p < 0,01$) за све параметре осим за *NHR* ($p > 0,05$), где уочена разлика није била статистички значајна. Средње вредности основне фреквенције (*F0*) гласа пре и после вокалне рехабилитације су се разликовале, али уочена разлика није била статистички значајна ($t=1,308$; $df=29$; $p > 0,05$). Друга два параметра сигнала, *STD* и *PER*, имали су велико побољшање ($W=14$; $Z=-4,494$; $p < 0,01$ и $W=27$; $Z=-4,227$; $p < 0,01$). Параметри краткотрајних и дуготрајних пертурбација фреквенције, *JITA*, *JITT*, *RAP* и *vF0*, такође су били знатно побољшани након вокалне терапије. Уочена разлика за све наведене параметре је била високо статистички значајна ($W=465$; $Z=-4,782$; $p < 0,01$;

$W=464$; $Z=-4,762$; $p < 0,01$; $W=1$; $Z=-4,762$; $p < 0,01$; $W=1$; $Z=-4,762$; $p < 0,01$). Након вокалне терапије резултати параметара краткотрајних и дуготрајних пертурбација амплитуде, *SHDB*, *SHIM* и *APQ*, такође су били далеко бољи. Уочене разлике за сва три параметра биле су високо статистички значајне ($W=0$; $Z=-4,782$; $p < 0,01$ за сва три параметра). Заступљеност шума у анализираном сигналу (*NHR*) се променила после рехабилитације, али уочена разлика није била статистички значајна ($W=184$; $Z=-0,987$; $p > 0,05$). За остале параметре шума лечење је било делотворније. Тако су се *VTI* и *SPI* знатно побољшали ($W=128,5$; $Z=-2,139$; $p < 0,05$ и $W=465$; $Z=-4,782$; $p < 0,01$). Анализом тремора кроз *FTRI* није уочено значајно побољшање ($W=171$; $Z=-1,265$; $p > 0,05$).

Поређење вредности испитиваних параметара испитаница са чворићима на гласницама после вокалне терапије у односу на контролну групу показало је да уочене разлике нису биле статистички значајне за следеће параметре: *SPI* ($W=727$; $Z=-1,015$; $p > 0,05$), *VTI* ($W=494$; $Z=-0,987$; $p > 0,05$), *NHR* ($W=186$; $Z=-0,943$; $p > 0,05$), *SHIM* ($W=499$; $Z=-0,900$; $p > 0,05$), *SHDB* ($W=453$;

Табела 2. Параметри вокала А пре вокалне терапије и нормалне вредности
Table 2. Vowel A parameters before vocal treatment and normal values

Параметар Parameter	Пацијенткиње Patients		Контролна група Control group		Вероватноћа Probability		
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	W	Z	p
<i>F0</i>	154.450	32.431	142.828	25.498	465	-6.251	<0.01
<i>STD</i>	3.959	1.807	1.377	1.154	294	-5.001	<0.01
<i>PER</i>	511.733	152.437	231.345	197.045	528	-5.139	<0.01
<i>JITA</i>	108.057	66.615	19.792	6.051	278	-5.130	<0.01
<i>JITT</i>	2.457	0.952	0.508	0.167	268.5	-5.312	<0.01
<i>RAP</i>	1.881	1.502	0.336	0.156	270	-5.283	<0.01
<i>vF0</i>	2.800	1.389	1.117	1.242	298	-4.747	<0.01
<i>SHDB</i>	0.807	0.336	0.166	0.057	236	-5.936	<0.01
<i>SHIM</i>	5.056	1.656	1.888	0.639	242	-5.819	<0.01
<i>APQ</i>	3.837	1.694	1.302	0.364	235	-5.953	<0.01
<i>NHR</i>	0.212	0.226	0.111	0.007	159	-1.414	>0.05
<i>VTI</i>	0.181	0.226	0.044	0.014	394	-2.911	<0.01
<i>SPI</i>	20.823	11.117	7.018	3.408	284	-5.015	<0.01
<i>FTRI</i>	1.007	0.460	0.331	0.116	278	-5.130	<0.01

Табела 3. Параметри вокала А пре и после вокалне терапије
Table 3. Vowel A parameters before and after the vocal treatment

Параметар Parameter	Пре терапије Before treatment		После терапије After treatment		Разлика Difference		p
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	Апсолутна Absolute	Релативна Relative	
<i>F0</i>	154.450	32.431	144.284	43.578	10.166	6.58%	>0.05
<i>STD</i>	3.959	1.807	1.482	0.712	2.477	62.57%	<0.01
<i>PER</i>	511.733	152.437	236.200	142.403	275.533	50.33%	<0.01
<i>JITA</i>	108.057	66.615	12.403	0.449	95.654	88.52%	<0.01
<i>JITT</i>	2.457	0.952	0.301	0.099	2.156	87.78%	<0.01
<i>RAP</i>	1.881	1.502	0.200	0.113	1.681	89.37%	<0.01
<i>vF0</i>	2.800	1.389	0.596	0.267	2.204	78.71%	<0.01
<i>SHDB</i>	0.807	0.336	0.190	0.070	0.617	76.45%	<0.01
<i>SHIM</i>	5.056	1.656	1.917	0.110	3.139	62.08%	<0.01
<i>APQ</i>	3.837	1.694	1.541	0.282	2.296	59.84%	<0.01
<i>NHR</i>	0.212	0.226	0.152	0.217	0.060	28.30%	>0.05
<i>VTI</i>	0.181	0.226	0.090	0.1549	0.091	50.28%	<0.05
<i>SPI</i>	20.823	11.117	5.701	1.768	15.122	72.62%	<0.05
<i>FTRI</i>	1.007	0.460	0.752	0.667	0.255	25.32%	>0.05

$Z=-1,612; p>0,05$), *PER* ($W=359; Z=-1,319; p>0,05$), *APQ* ($W=753; Z=-1,212; p>0,05$), *F0* ($W=404; Z=-0,904; p>0,05$) и *STD* ($W=394; Z=-0,938; p>0,05$). Насупрот томе, уочене разлике су биле високо статистички значајне за: *FTRI* ($W=204; Z=-3,804; p<0,01$), *RAP* ($W=611,5; Z=-3,226; p<0,01$), *JITT* ($W=550; Z=-4,403; p<0,01$), *JITA* ($W=525; Z=-4,881; p<0,01$) и *vF0* ($W=625; Z=-2,967; p<0,01$).

У табелама 2 и 3 приказане су средње вредности анализираних параметара вокала А наших пацијенткиња пре и после вокалне терапије и вредности контролне групе.

ДИСКУСИЈА

У истраживању је успех вокалне терапије испитаница са чворићима на гласницама био праћен компјутерском анализом структуре вокала А. Многе студије су документовале ефекте вокалне терапије у поправљању акустичне структуре гласа [8, 11, 12, 13]. Дојл (*Doyle*) и сарадници [3] су указали на повезаност пушења, гласовног напора, алергије и генетске предиспозиције са појавом чворића на гласницама. Код испитаница нашег истраживања заступљеност предиспонирајућих фактора за настанак чворића на гласницама у складу је с налазима других аутора [4, 5, 14].

Средња вредност основне фреквенције гласа (*F0*) пре и после вокалне терапије код наших пацијенткиња се није значајно разликовала. Подаци других студија су у сагласности са нашим налазима [3, 15, 16]. Ово се објашњава чињеницом да средња вредност *F0* није специфичан параметар за поремећаје гласа [3, 15]. Однос шума и хармоника (*NHR*) није се значајно променио након рехабилитације. Сличне резултате добили су и Амир (*Amir*) и сарадници [17]. Као објашњење навели су приближне вредности поменутог параметра пре почетка лечења са нормалним вредностима. Поремећајем са контролном групом, то је показало и наше истраживање (Табеле 2 и 3). Код индекса интензитета тремора (*FTRI*) такође није уочено значајно побољшање. Проучавањем нама доступне литературе нисмо нашли податке о овом параметру. Углавном су истраживања била заснована на испитивању већег броја вокала (А, Е, И, У), а мањег броја акустичких параметара у односу на број испитиваних параметара у нашем истраживању [17-20]. Могуће објашњење недовољног побољшања *FTRI* је кратко трајање вокалне терапије – само месец дана. Ово је потврђено и високо статистички значајном разликом *FTRI* у односу на вредности овог параметра у контролној групи.

Велики број истраживања је документовао да се нормалан и патолошки глас најчешће разликују у следећим параметрима: *JITT*, *JITA*, *SHDB*, *SHIM*, *RAP* [16, 18,

21]. Исто су показали и резултати нашег истраживања. Код патолошког гласа посебно су високе вредности пертурбације фреквенције (*JITA*, *JITT*) и пертурбације амплитуде (*SHDB*, *SHIM*) [18, 19]. После једномесечне вокалне терапије вокал А је показао побољшање акустичне структуре гласа код наших испитаница, што се у табелама 2 и 3 приказује као смањење вредности већине испитиваних параметара. Од четрнаест анализираних параметара вокала А, статистички значајно и високо значајно побољшање уочено је код једнаест: *STD*, *PER*, *JITA*, *JITT*, *RAP*, *vF0*, *SHDB*, *SHIM*, *APQ*, *VTI* и *SPI*. Ови подаци не одступају од оних из литературе [8, 11, 14]. Анализа параметара код пацијенткиња после вокалне терапије у односу на испитанице контролне групе показала је да и даље постоји високо статистички значајна разлика код *JITT*, *JITA*, *FTRI*, *RAP* и *vF0*, што је указало на неопходност даљег извођења вокалне терапије.

Ефекти вокалне терапије на квалитет гласа су већ доказани коришћењем различитих методологија [11, 12]. Наше истраживање је показало да је компјутерска анализа гласа у посматрању и лечењу особа с поремећајима гласа објективна техничка метода са високим степеном прецизности. Истраживања из ове области су такође показала да у неким случајевима акустичка анализа гласа може указати на клиничке промене гласа, иако субјективно нису опажене. Стога је акустичка анализа значајна дијагностичка метода, а не само помоћно средство у субјективној процени стања гласа [3, 17].

ЗАКЉУЧАК

После једномесечне вокалне терапије дошло је до поправљања акустичне структуре вокала А код свих испитаница са чворићима на гласницама, али не у довољној мери, те је потребно наставити с лечењем до потпуне корекције гласа. Акустичка анализа изолованог гласа је само један од параметара показатеља успешности вокалне терапије.

Компјутеризована лабораторија за глас, која је коришћена у раду, има способност да обезбеди визуелне, акустичке или аеродинамичке информације. Циљ лабораторије за глас је да обезбеди објективне податке и служи као подршка субјективној процени испитивања, а може се користити и као потврда компаративности. Када је пацијент подвргнут програму вокалне терапије, могу се документовати предтерапијске и посттерапијске анализе. Ове анализе се могу користити као помоћ у дијагностици, а веома помажу и у процесу успешности лечења. На овај начин лабораторија за глас је од велике помоћи и пацијенту и терапеуту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Deliyski D. Acoustic model and evaluation of pathological voice production. Proceedings of the 3rd Conference on Speech Communication and Technology EUROSPEECH 93; 1993 Sept 21-23. Berlin, Germany; 1993. p.1969-72.
2. Milutinović Z. Phonosurgical therapy of nodular lesions of the vocal cords. *Srp Arh Celok Lek.* 1998; 126(7-8):248-52.
3. Doyle P, Perkell JS, Hammarberg B, Hillman RE. Aerodynamic and acoustic voice measurements of patients with vocal nodules: Variations in baseline and changes across voice therapy. *J Voice.* 2003; 17:269-82.
4. Sataloff RT. Treatment of voice disorders. San Diego: Plural Publishing, Inc.; 2005.
5. Petrović-Lazić M, Jugović I. Multidimenzionalna analiza glasa kod pacijenata sa disfonijom. In: Nove tendencije u specijalnoj edukaciji i rehabilitaciji. Zbornik sažetaka radova. Beograd: Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju; 2007. p.423-8.
6. Fritzell B. Voice disorders and occupations: logoped. *Phoniater Vocol.* 1996; 21:7-12.
7. Petrović-Lazić M. Fonopedija. Beograd: Naučna knjiga; 2001.
8. Raming LO, Verdolini K. Treatment efficacy: Voice disorders. *J Speech Lang Hear Res.* 1988; 41:101-16.
9. Hirano M. Clinical examination of the voice. New York: Springer-Verlag; 1981.
10. Halberstam B. Acoustic and perceptual parameters relating to connected speech are more reliable measures of hoarseness than parameters relating to sustained vowels. *J Oto Rhino Laryngol.* 2004; 66:70-3.
11. MacKenzie K, Millar A, Wilson JA, Sellars C, Deary I. Is voice therapy an effective treatment for dysphonia? A randomized controlled trial. *Br Med J.* 2001; 323:1-6.
12. Carding PN, Horsley IA, Docherty GJ. A study of the effectiveness of voice therapy in the treatment of 45 patients with nonorganic dysphonia. *J Voice.* 1993; 13:72-104.
13. Holmberg EB, Hillman RE, Hammarberg B, Sodersten M, Doyle P. Efficacy of a behaviourally based voice therapy protocol for vocal nodules. *J Voice.* 2001; 15:395-412.
14. Petrović-Lazić M. Spektralna analiza vokala l u normalnom glasu. Beograd: Beogradska defektološka škola; 1995.
15. 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; 22:135-47.
16. Kandogan T, Seifert E. Influence of aging and sex on voice parameters in patients with unilateral vocal cord paralysis. *Laryngoscope.* 2005; 115:655-60.
17. Amir O, Dukas-Rachel M, Shnaps-Baum R. The effect of a voice course on the voices of people with and without pathologies: Preliminary observations. *Logoped Phoniater Vocol.* 2005; 30:63-71.
18. Sorenson D, Horii Y. Frequency and amplitude perturbation in the voice of female speakers. *J Commun Dis.* 1983; 16:57-61.
19. Sorenson D, Horii Y. Frequency characteristics of male and female speakers in the pulse register. *J Commun Dis.* 1984; 17:65-73.
20. Fex B, Fex S, Shiromoto O, Hirano M. Acoustic analysis of functional dysphonia: Before and after voice therapy (accent method). *J Voice.* 1994; 8:163-7.
21. Selby JC, Gilbert HR, Lerman JW. Perceptual and acoustic evaluation of individuals with laryngopharyngeal reflux pre- and post-treatment. *J Voice.* 2003; 17:557-70.

Multidimensional Acoustic Analysis of Pathological Voice

Mirjana Petrovic-Lazić, Snežana Babac, Zoran Ivanković, Rade Kosanović

Department of Otorhinolaryngology, "Zvezdara" Hospital and Clinical Centre, Belgrade, Serbia

SUMMARY

Introduction There are subjective and objective ways to examine the effects of vocal therapy in voice disorders. The most precise and objective check-up is the use of computer voice analysis.

Objective The aim of the research was to perform a detailed analysis of acoustic structure of the vowel A before and after voice treatment in patients with vocal fold nodules in order to obtain objective verification of the vocal rehabilitation success.

Methods We examined 30 female patients, aged 34.6±6.69 years, with vocal fold nodules. Acoustic parameters of voice were compared with the control group consisting of 21 subjects without voice pathology. In all persons the vowel A was

recorded and analyzed before and after a month of vocal therapy. The success of the vocal therapy was tracked using computer analysis of vocal structure. Signal, noise and tremor parameters were processed.

Results Of the analyzed vowel A parameters: STD, PER, JITA, JITT, RAP, vFO, ShdB, SHIM, APQ, VTI, SPI, F0, NHR, FTRI, eleven improved ($p < 0.05$ and $p < 0.01$). Three parameters (F0, NHR, FTRI) changed showing improvement, but the obtained differences were not statistically significant ($p > 0.05$).

Conclusion Based on the obtained results it was concluded that vocal therapy gave satisfactory results, but that it should be continually applied until full stabilization of the voice.

Keywords: voice disorders; acoustic voice analysis; vocal fold nodules; vocal therapy