

Универзитет у Београду  
Факултет за специјалну едукацију  
и рехабилитацију

НАЦИОНАЛНИ НАУЧНИ СКУП

# Методе процене у специјалној едукацији и рехабилитацији

ЗБОРНИК РАДОВА

Београд  
2018.

Универзитет у Београду  
Факултет за специјалну едукацију и рехабилитацију

**НАЦИОНАЛНИ НАУЧНИ СКУП  
„МЕТОДЕ ПРОЦЕНЕ У СПЕЦИЈАЛНОЈ ЕДУКАЦИЈИ И  
РЕХАБИЛИТАЦИЈИ”**

*Београд, 24. децембар 2018.*

**ЗБОРНИК РАДОВА**

Београд, 2018.

„МЕТОДЕ ПРОЦЕНЕ У СПЕЦИЈАЛНОЈ ЕДУКАЦИЈИ И РЕХАБИЛИТАЦИЈИ“  
ЗБОРНИК РАДОВА

научни скуп националног значаја  
Београд, 24. децембар 2018.

Издавач:

Универзитет у Београду – Факултет за специјалну едукацију и рехабилитацију (ИЦФ)  
11000 Београд, Високог Стевана 2  
www.fasper.bg.ac.rs

За издавача:

Проф. др Снежана Николић, декан

Главни и одговорни уредник:

Проф. др Миле Вуковић

Уредник:

Проф. др Гордана Одовић

Рецензенти:

Проф. др Драгана Маћеших-Петровић, Универзитет у Београду – Факултет за  
специјалну едукацију и рехабилитацију

Проф. др Весна Жигић, Универзитет у Београду – Факултет за  
специјалну едукацију и рехабилитацију

Проф. др Јасна Хрнчић, Факултет политичких наука – Универзитета у Београду

Дизајн насловне стране:

Зоран Јованковић

Компјутерска обрада текста:

Биљана Красић

Штампа омота и нарезивање ЦД

Универзитет у Београду – Факултет за специјалну едукацију и рехабилитацију (ИЦФ)

Зборник радова је публикован у електронском облику – ЦД

Тираж: 200

ISBN 978-86-6203-120-4

Наставно-научно веће Универзитета у Београду – Факултета за специјалну  
едукацију и рехабилитацију, на седници одржаној 13.12.2018. године,  
Одлуком бр. 3/157 од 14.12.2018. године, усвојило је рецензије рукописа  
Зборника радова „МЕТОДЕ ПРОЦЕНЕ У СПЕЦИЈАЛНОЈ ЕДУКАЦИЈИ И РЕХАБИЛИТАЦИЈИ“.

Зборник је настао као резултат Пројекта „МЕТОДЕ ПРОЦЕНЕ У СПЕЦИЈАЛНОЈ  
ЕДУКАЦИЈИ И РЕХАБИЛИТАЦИЈИ“ чију реализацију је сопственим средствима  
подржао Факултет за специјалну едукацију и рехабилитацију.

# ПРИМЕНА СПЕКТРАЛНИХ МЕТОДА У АНАЛИЗИ ГОВОРА ПОСЛЕ ТОТАЛНЕ ЛАРИНГЕКТОМИЈЕ

Ивана ШЕХОВИЋ<sup>1</sup>, Мирјана ПЕТРОВИЋ ЛАЗИЋ<sup>1,2</sup>,

Надица ЈОВАНОВИЋ СИМИЋ<sup>1</sup>, Ивана АРСЕНИЋ<sup>1</sup>, Снежана БАБАЦ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду – Факултет за специјалну едукацију и рехабилитацију

<sup>2</sup>Клинички центар „Звездара”, ОРЛ Клиника, Београд

## Апстракт

У овом раду биће наведени најчешће примењивани савремени модели процене говора код пацијената са езофагеалним говором и код пацијената којима је уграђена трахеоезофагеална вокална протеза. Инструментални приступ клиничког испитивања гласа и говора је од великог значаја за дијагностику и рехабилитацију. Мултидимензионална анализа представља најсавременије средство које служи за дијагностиковање и анализу поремећаја гласа и говора. Програм мултидимензионалне анализе је поуздан инструмент за поређење различитих облика комуникације ларингектомираних пацијената и процењивање функционалног исхода говора након тоталне ларингектомије.

Спектрографска анализа омогућава графичко разлагање говора, као сложеног периодичног звука, на основне акустичке елементе. То омогућава добијање прецизних података о варијабилности сегмената у говорном току. Различити облици спектрографске анализе омогућавају издвајање квантитативних параметара гласа. Анализа формантне структуре код ларингектомираних пацијената је веома значајна, јер се сматра да су они одговорни за фонетску категоризацију квалитета вокала и суштинска су компонента разумљивости говора. Најчешће спектрографске процесорске методе које се примењују за анализу су: *Real-time, Spektrogram, Sona Match, Real-time Pitch*.

**Кључне речи:** процена говора, ларингектомија, спектрографска анализа

## УВОД

Глас представља карактеристичну особеност сваког човека, његов идентитет, а такође гласом човек изражава и своја осећања. Глас је средство комуникације, али је истовремено и начин изражавања личности. Уз сву присутну технологију, глас је и даље најважније и неопходно средство комуникације (Петровић-Лазичић и Кулић, 2014).

Губитак гласа неповољно утиче на физичко и психичко стање пацијента након тоталне ларингектомије и значајно нарушава његов квалитет живота. Ларингектомија има далекосежан утицај на индивидуу са потенцијалном стигматизацијом, односно, изопштавањем из средине која диктира појам друштвене прихватљивости, а која се јавља услед физичког недостатка (Bellandese, 2009).

Тотална ларингектомија је радикалан хируршки захват при коме се комплетно

одстрањује ларинкс. Уклањање комплетног ларингеалног ткива има за последицу одвајање аеродигестивног тракта и формирање трахеостоме (Blom, Singer & Namaker, 1998; MacCallum, Cai, Zhou, Zhang & Jiang, 2009; Singer & Blom, 1980). После тоталне ларингектомије, пацијенти су принуђени да науче како да прилагоде фарингоезофагеални сегмент новом звучном извору, с обзиром да су ларингеалне структуре одстрањене. Нови извор гласа (неоглотис) се формира на улазу у једњак и то од структура горњег езофагеалног сфинктера (Weissenbruch, 1996). Ваздух се ослобађа из езофагуса, долази до вибрације фарингоезофагеалног сегмента и продукције гласа (Globelek, Stajner-Katusic, Musura, Horga & Liker, 2004; Liu, Wan, S. Wang, X. Wang & Lu, 2005; McColl, 2006).

У овом раду описаћемо неке моделе процене гласа код пацијената са езофагеалним говором и код пацијената којима је уграђена трахеоезофагеална вокална протеза. Процена гласа захтева мултидисциплинарни приступ. Модел процене укључују различите компоненте, као што су медицински преглед, акустичка анализа, спектрографска анализа, перцептивна процена, процена аеродинамичких параметара. Комплексни акустички сигнал, кога чине основни ларингеални тон и друге резонантне фреквенције, слушањем није могуће раставити у саставне делове, него само акустичким и спектралним анализама. Инструментално испитивање говора не спада у новије догађаје. Још је Helmholtz испитивао поједине гласове помоћу шупљих резонатора и пламена, у недостатку других техничких средстава. Касније, Edisonova идеја о механичком записивању говора дуго је експлоатисана у кимографским испитивањима. Нарасле комуникационе потребе изискивале су

прецизна и свеобухватна проучавања говорних сигнала. После вишегодишњег рада створен је звучни спектрограф. Овим је начињен огроман напредак у могућностима за проучавање говора или других акустичких сигнала.

### *Мултидимензионална акустичка анализа – MDVP*

Мултидимензионална компјутерска анализа представља најсавременије средство које служи за дијагностиковање поремећаја гласа и говора, процес рехабилитације, као и за процену успешности рехабилитације. Анализа говора врши се помоћу специјализоване компјутерске лабораторије за говор “Kay Elemetrics” корпорације. Лабораторија за испитивање гласа и говора има за циљ да обезбеди објективне податке и служи као подршка субјективној процени. Мултидимензионална процена, која укључује субјективне и објективне параметре, представља поуздан инструмент за поређење различитих облика комуникације пацијената и процењивање функционалног исхода говора након тоталне ларингектомије (Petrović-Lazić, Babac, Vuković, Kosanović & Ivankovic, 2011).

Програм врши израчунавање већег броја параметара говора и графички их представља у форми мултидимензионалног дијаграма. Иако бележи тренутно стање фонације, омогућава објективизацију и праћење поремећаја гласа (Петровић-Лазич, Бабац, Вуковић, Косановић и Иванковић, 2009). На тржишту постоје разни софтверски програми објективне анализе и компјутерске лабораторије гласа као што су MDVP, Dr Speech и други. Акустичка анализа гласа је изузетно корисна стручњацима из области вокалне патологије јер омогућава

да објективним мерењима вреднује своја субјективна запажања, да тумачи резултате истраживања и своје мишљење, коначно, заснује на субјективним и објективним резултатима заједно (Шеховић и Петровић-Лазих, 2018).

Акустичка анализа укључује процену параметара варијабилности фреквенције, интензитета, параметара који идентификују прекиде у гласу, субхармонике и параметара који показују присуство шума и тремора у гласу (Case, 1999; Petrović-Lazić et al., 2011). Приликом анализе таласних облика вибрирања фарингоезофагеалног сегмента код пацијената након тоталне ларингектомије, могу се уочити одређене промене у фреквенцији и интензитету. Микро варијације (пертурбације) гласа није могуће приметити слушањем већ се уочавају акустичком и спектрографском анализом при фонирању вокала.

### **Спектрограм**

Основни начин праћења промена садржаја говорног сигнала у фреквенцијском и временском домену је спектрограм. Спектрограм омогућава графичко разлагање говора, као сложеног периодичног звука, на основне акустичке елементе, и тако их чини доступним за анализу у континуираном говорном току, као и добијање прецизних података о варијабилности сегмената у говорном току. Спектрограм говора приказује звучни сигнал у три димензије: време, фреквенција и амплитуда (M. McDermott, Owen & F. McDermott, 1996). Помоћу Фуријеове анализе, периодични звук се може представити као збир више синусних тонова различитих фреквенција, где је основни тон онај који има најнижу фреквенцију сложеног тона.

Спектрографска анализа је корисно средство за издвајање квантитативних параметара гласа, као и за класификацију вокалног квалитета гласа у оквиру мултидимензионалне анализе гласа и говора (Vázquez de la Iglesia, Fernández González & Cámara Gómezc, 2006). Користи се за анализу и класификацију људског говора, као и у третирању говорно-језичких поремећаја. Данашњи програми имају алгоритме који омогућавају прецизно израчунавање централне фреквенције форманта, фреквентни распон сваког форманта и интензитет форманта (Хеџевер, 2010). Спектрограм омогућава разлагање говора на основне акустичке елементе. Говорни сегмент се расчлањује на различите фреквенције помоћу низа електронских филтара и израчунава интензитет сваке фреквенције. Поље првог форманта (F1) представља појаву концентрата шума, поље другог форманта (F2) представља подручје простирања најинтензивније акустичке енергије, док трећи формант (F3) означава крајње простирање акустичке енергије (углавном слабијег интензитета).

Основна обележја вокала носе прва три форманта, док су за препознавање вокала довољна само прва два форманта. Они су уједно и најјачи у погледу енергије, из чега следи да они носе снагу говорног сигнала. Трећи формант даје јасноћу и побољшава квалитет гласа, прави разлику између предњих и задњих гласова и карактерише палатализацију. Највећу динамику код вокала има други формант. Трећи форманти су веома близу један другом, и кад је дискриминација вокала у питању они могу бити занемарени (Јовић, 1999). Сви остали тонови су хармоници чије су фреквенције целобројни умношци основне фреквенције.

Форманти су доминантни хармоници у говорном спектру и значајни су у дефинисању и идентификацији вокала и консонаната (Giovanni, Guelfucci, Yu, Robert & Zanaret, 2002; Kazi et al., 2007). Као такви, они играју кључну улогу у детерминисању разумљивости природног говора, а значајно утичу и на перцепцију квалитета езофагеалног и трахеоезофагеалног говора (Kazi et al., 2007).

### ***Real-time Spektrogram***

*Real-time Spektrogram* представља визуелну презентацију акустичког сигнала кроз тродимензионални приказ који укључује параметре фреквенције, интензитета и времена. Овај инструмент нам омогућава и визуелни *feed-back*. Приказ фреквенције дат је на вертикалној оси, време трајања сигнала је презентовано на хоризонталној оси, док је интензитет кодован нивоом зацрњења. Централне фреквенције форманата могу се издвајати посебним алгоритмима, на основу чега се прати њихово кретање у времену. Као временски променљива величина посматра се и основна фреквенција гласа. Омогућено је и праћење међузависности гласова у различитим фонетским позицијама.

Различите могућности филтрирања (пропуштање одређених фреквентних опсега звука) омогућавају прецизније анализирање тонских форманата и концентрата шума. Осим нумеричких података о формантима, могуће је и квалитетан графички приказ формантских карактеристика на којима се могу прецизно уочавати и промене карактеристика форманата у говору (формантске транзиције). Формантске транзиције дају корисне информације о променама у резонантним карактеристикама вокалног тракта (промена облика и

волумена), током изговора, и прелаза са једног гласа на други (Хеђевер, 2010).

### ***Sona Match***

*Sona Match* је један од програма мултидимензионалне анализе гласа и говора који омогућава праћење говорног сигнала у одређеном временском интервалу, обезбеђује визуелни *feed-back* испитиваних параметара и анализира формантни спектар снимљеног сигнала, односно, прецизно одређује позиције првог, другог и трећег форманта.

***LPC Real-time Response*** је математичка техника кодирања сигнала извођењем коефицијената који се користе за приказивање параметарског сигнала. LPC анализа је од посебног значаја у клиничкој пракси, јер врло брзо кодира изведене параметре за говор, као што је фреквенција форманата. LPC (Linear Predictive Coding) спектар се добија из FFT анализе израчунавањем просечних вредности. На тај начин елиминишу се хармоници, односно, нису више истакнути, док скупови хармоника стварају форманте који постају видљиви. Формантна фреквенција представља значајан диференцијални параметар за преношење лингвистичког садржаја. Програм LPC Real-time Response анализира снимљени сигнал и приказује га у виду узвишења или „врхова“. Врхови акустичке енергије означавају највише тачке, односно, подручја појачане концентрације звучне енергије. Графички приказ анализираниог сигнала дат је у виду таласног облика са врховима који презентују први, други и трећи формант. На овај начин добијамо податке о фреквенцији форманата, интензитету и времену трајања сигнала, након чега програм идентификује најближи

вокал према вредностима добијених форманата.

**Vowel Chart Mode** (Модел вокалног дијаграма) представља графички приказ првог и другог форманта вокала у фреквентном опсегу од 150Hz до 3200Hz. На вертикалној оси приказане су вредности фреквенција за први формант вокала, од највише до најниже фреквенције у линеарној скали (150Hz-1050Hz). На хоризонталној оси приказане су вредности фреквенција за други формант вокала, од највише до најниже фреквенције у логаритамској скали (650Hz-3200Hz). Снимање гласа се обавља умереним темпом. Након снимања сигнала на дијаграму се појављују тачке које означавају пресек централних фреквенција два форманта. То су тзв. „водене тачке“ које представљају серију изведених вредности првог и другог форманта. Дијаграм их обележава IPA симболима. На основу добијених вредности, израчунавањем централне фреквенције два форманта, програм одређује позицију вокала у дијаграму и идентификује дати вокал. Први и други формант представљају носиоце говорног сигнала. Распоред првог и другог форманта у фреквентном опсегу нам омогућава да разликујемо вокале и да препознамо вокале код различитих говорника (Хеђевер, 2010).

### **Real-time Pitch**

*Real-time Pitch* је програм мултидимензионалне анализе гласа који омогућава графичку презентацију фреквенције, интензитета и трајања анализираног сигнала, омогућава визуелни *feed-back* параметара гласа и говора, као и статистичку анализу снимљеног узорка. За разлику од осталих програма мултидимензионалне анализе гласа који користе таласни

приказ за анализу, овај програм презентује снимљени сигнал у виду трагова или контура различите боје. На једној вертикалној оси представљене су вредности фреквенције у опсегу од 50Hz до 400Hz, док је на другој вертикалној оси приказан интензитет сигнала у опсегу од 30dB до 90 dB. Трајање снимљеног сигнала је представљено на хоризонталној (x) оси.

**Real-time FFT** анализа (Fast Fourier Transform) или брза *Fourierova* трансформација представља математички поступак којим се помоћу рачунара могу извршити брзе спектралне анализе звучног сигнала (Хеђевер, 2010). Овај програм израчунава однос снаге и енергије у било ком делу фреквентног спектра и у целокупном спектру. *FFT* анализа омогућава испитивање фреквентних карактеристика сигнала и интензитета. Конципирана је за снимање и анализу сугласника, а омогућава и графички приказ снимљених узорака гласа, као и упоређивање и диференцирање сугласника сличних по месту артикулације.

Када вредности форманата прелазе границу којом је предвиђено очекивано простирање форманата, дакле, када нису у оквирима просечних вредности, мења се формантна структура тог гласа. Гласови су једино препознатљиви када су у оквирима просечних вредности. Уколико су формантне вредности испод или изнад просечних за одређени глас, мења се и аудитивна перцепција гласа. У том случају, услед преласка у фреквенцијско поље другог гласа, долази до потешкоћа у разумљивости говора и тај глас се перципира потпуно другачије. Промена формантне структуре гласа утиче на нашу перцепцију тог гласа, а погрешна перцепција се, свакако, одражава на разумљивост говора.



Ово сазнање је важно када говоримо о ларингектомираним пацијентима. Резултати спроведених истраживања у свету показали су статистички значајно више вредности фреквенције првог и другог форманта код ларингектомираних, за разлику од вредности параметара нормалног гласа (Cervera, Miralles & Gonza'lez-A'lvarez, 2001; Liu & Manwa, 2009).

Спроведена истраживања (Fourcin, 1981; Kazi et al., 2007), показују, да дужина вокалног апарата представља значајан фактор у детерминисању просечне вредности форманата код пацијената након тоталне ларингектомије. Што је краћи вокални апарат, постижу се више вредности форманата (Kazi et al., 2007). Те разлике у дужини вокалног апарата управо могу објаснити разлике између пацијената који користе езофагеални и трахеоезофагеални говор. Разлике у фреквенцијама форманата између пацијената који користе езофагеални говор и вокалне протезе могу бити веће него међу ларингеалним говорницима, што је условљено анатомијом вокалног апарата, структуром фарингоезофагеалног сегмента, као и ширином хируршког захвата. Анатомија вокалног апарата и фарингоезофагеалног сегмента зависи од типа и опсега хируршке интервенције (Kazi et al., 2007). Zemlin (1998) и Bentzen и сарадници (1976) су испитивали фонацију код пацијената са езофагеалним говором и открили да је бољи квалитет езофагеалног говора повезан са високо позиционираним фарингоезофагеалним сегментом. Открића појединих аутора, која се односе на положај фарингоезофагеалног сегмента, такође, могу објаснити зашто су вредности формантних фреквенција вокала код пацијената са езофагеалним говором статистички значајно више од оних које

продукују ларингеални говорници (Liu & Manwa, 2009).

Пацијенти који користе езофагеални говор и пацијенти са вокалном протезом артикулишу вокале са напред и високо постављеним језиком, за разлику од ларингеалних говорника, што у великој мери утиче на вредност формантних фреквенција (Kazi et al., 2007). Повишене просечне вредности форманата, код ларингектомираних пацијената, могу бити условљене и померањем задњег дела језика наниже, што је и очекивано, након уклањања ларинкса (Kazi et al., 2007). Некада се дешава да, при спектрографској анализи формантне структуре код ларингектомираних пацијената, хармоници или нису јасно дефинисани или се не могу уопште детектовати на осцилограму, што значајно утиче на разумљивост говора. Код неких пацијената који користе вокалне протезе, при спектралној анализи, одсуство хармоника се може приписати константно неправилним и нестабилним вредностима Fo (фундаменталне фреквенције) (McColl, 2006). То се дешава услед нестабилности модела вибрације неоглотиса. Из тих разлога, Debruyne и сарадници (1994) сматрају да је код ових пацијената неопходно побољшање темпа удисаја и снаге издисаја ваздуха. Боља говорно-дисајна функција обезбеђује више снаге фонаторном извору звука и вокалном тракту, што води дефинисању снажније формантне структуре у акустичком сигналу (D'Alatri, Bussu, Scarano, Paludetti & Marchese, 2012). Очувана и постојана формантна структура омогућава правилне и одрживе позиције првог и другог форманта, а то значајно доприноси бољој разумљивости говора код ових пацијената. Ово сазнање може значајно утицати на смањење максималне дужине фонације (МРТ), као и на

успорен темпо говора код ларингектомираних пацијената. Код неких пацијената са езофагеалним говором немогуће је препознати фреквенције првог и другог форманата изолованих вокала, услед ефекта маскирања тона, појавом шума који долази из стоме (Chen & Loizou, 2004; Motta, Galli & Di Rienzo, 2001; Петровић-Лазих и Кулић, 2014).

### ЗАКЉУЧАК

Анализа формантне структуре код ларингектомираних пацијената је веома значајна, јер се сматра да су они одговорни за фонетску категоризацију квалитета вокала и суштинска су компонента разумљивости говора (Kazi et al., 2005). Коначни акустички облик говорног сигнала зависи од респирације, фонације и резонанције, односно, од конфигурације целокупног вокалног тракта (Петровић-Лазих и Косановић, 2008). Важно је напоменути да ови објективни акустички параметри одређују и супрасегментну структуру говора. Најважнију улогу у стварању ритма и темпа говора има комбинација висине гласа, интензитета и времена трајања артикулације (Хејевер, 2010; Петровић-Лазих и Кулић, 2014). Учешће рачунара у акустичкој анализи гласа и говора је све више присутно, али никада неће моћи у потпуности да замени вокалног патолога. Акустичка и спектрална анализа говора помажу нам у процени квалитета гласа, диференцијалној дијагнози, праћењу исхода третмана након тоталне ларингектомије (Lopes, Lima, Azevedo, Silva & Silva, 2015; Petrović-Lazić, Jovanović-Simić, Kulić, Babac i Jurišić, 2015).

### ЛИТЕРАТУРА

- Bellandese, M. H. (2009). Fundamental frequency and gender identification in standard esophageal and tracheoesophageal speakers. *Journal of Communication Disorders*, 42(2), 89-99. doi: 10.1016/j.jcomdis.2008.08.005.
- Bentzen, N., Guld, A., & Rasmussen, H. (1976). X-ray video-tape studies of laryngectomized patients. *The Journal of laryngology and otology*, 90, 655-666.
- Blom, E. D., Singer, M. I., & Hamaker, R. C. (1998). *Tracheoesophageal voice restoration following total laryngectomy*. San Diego, CA: Singular Publishing Group.
- Case, J. (1999). Technology in the assessment of voice disorder. *Seminars in Speech and Language*, 20, 169-184.
- Cervera, T., Miralles, J. L., & Gonzales-Alvarez, J. (2001). Acoustical analysis of Spanish vowels produced by laryngectomized subjects. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 44, 988-996.
- Chen, B., & Loizou, P. C. (2004). Formant frequency estimation in noise, IEEE Int. Proceedings of the *International Conference Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 1, 581-584.
- D'Alatri, L., Bussu, F. E. G., & M. R. (2012). Objective and Subjective Assessment of Tracheoesophageal Prosthesis Voice Outcome. *Journal of Voice*, 26(5), 607-613. doi: 10.1016/j.jvoice.2011.08.013.
- Debruyne, F., Delaere, P., Wouters, J., & Uwents, P. (1994). Acoustic analysis of Tracheoesophageal versus oesophageal speech. *The Journal of Laryngology and Otology*, 108, 325-328.
- Fourcin, A. J. (1981). Laryngographic assessment of phonatory function. *ASHA Rep.* 11, 116-127.
- Giovanni, A., Guelfucci, B., Yu, P., Robert, D., & Zanaret, M. (2002). Acoustic and aerodynamic measurements of voice production after near-total laryngectomy

- with epiglottoplasty. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 54(6), 304-311.
- Globlek, D., Stajner-Katusic, S., Musura, M., Horga, D., & Liker, M. (2004). Comparison of alaryngeal voice and speech. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 29(2), 87-91. pmid: 15260185.
- Хеђевер, М. (2010). *Основе физиолошке и говорне акустике*. Загреб: Едукацијско-реhabилитацијски факултет.
- Jovičić, S. (1999). *Govorna komunikacija: fiziologija, psihoakustika i percepcija*. Beograd: Nauka. ISBN 86-7621-096-9.
- Kazi, R. A., Prasad, V. M. N., Kanagalingam, J., Nutting, C. M., Clarke, P., Rhys-Evans, P., & Harrington, K. J. (2007). Assessment of the Formant Frequencies in Normal and Laryngectomized Individuals Using Linear Predictive Coding. *Journal of Voice*, 21(6), 661-668.
- Kazi, R. A., Singh, A., De-Cordova, J., Clarke, P., Harrington, K., & Rhys-Evans, P. (2005). A new self-administered questionnaire to determine patient experience with the Blom-Singer valve. *Journal of Postgraduate Medicine*, 51, 253-258.
- Liu, H., & Manwa, L. Ng. (2009). Formant Characteristics of Vowels Produced by Mandarin Esophageal Speakers. *Journal of Voice*, 23(2), 255-260. doi: 10.1016/j.jvoice.2007.09.002.
- Liu, H., Wan, M., Wang, S., Wang, X., & Lu, C. (2005). Acoustic characteristics of Mandarin esophageal speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 118(2), 1016-1025.
- Lopes, L. W., Lima, I. L. B., Azevedo, E. H. M., Silva, M. F. B. L., & Silva, P. O. C. (2015). Acoustic analysis of children's voices: phonatory deviation diagram contributions. *Revista CEFAC* 17(4), 1173-1183.
- MacCallum, J. K., Cai, L., Zhou, L., Zhang, Y., & Jiang, J. J. (2009). Acoustic analysis of aperiodic voice: Perturbation and nonlinear dynamic properties in esophageal phonation. *Journal of Voice*, 23(3), 283-290. pmid:18411036. doi:10.1016/j.jvoice.2007.10.004.
- McColl, D. A. (2006). Intelligibility of Tracheoesophageal Speech in Noise. *Journal of Voice*, 20(4), 605-615. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2005.09.005.
- McDermott, M., Owen, T., & McDermott, F. (1996). Voice identification: The Aural/Spectrographic Method. [http://www.owlinvestigations.com/forensic\\_articles/aural\\_spectrographic/fulltext.html](http://www.owlinvestigations.com/forensic_articles/aural_spectrographic/fulltext.html)
- Motta, S., Galli, I., & Di Rienzo, L. (2001). Aerodynamic findings in esophageal voice. *Archives of Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 127(6), 700-704. doi: 10.1001/archotol.127.6.700.
- Петровић-Лазих, М., Бабац, С., Вуковић, М., Косановић, Р., и Иванковић, З. (2009). Мултидимензиона анализа патолошког гласа. *Српски архив за целокупно лекарство*, 137(5-6), 234-238.
- Petrović-Lazić, M., Babac, S., Vuković, M., Kosanović, R., & Ivankovic, Z. (2011). Acoustic Voice Analysis of Patients With Vocal Fold Polyp. *Journal of Voice*, 25(1), 94-97.
- Петровић-Лазих, М., & Косановић, Р. (2008). *Вокална рехабилитација гласа*. Београд: Нова научна.
- Петровић-Лазих, М., & Кулић, М. (2014). *Биолошки аспекти комуникације код ларингектомираних болесника*. Фоча: Медицински факултет.
- Petrović-Lazić, M., Jovanović-Simić, N., Kulić, M., Babac, S., & Jurišić, V. (2015). Acoustic and Perceptual Characteristics of the Voice in Patients With Vocal Polyps After Surgery and Voice Therapy. *Journal of Voice*, 29(2), 241-246. DOI: 10.1016/j.jvoice.2014.07.009.
- Singer, M. I., & Blom, E. D. (1980). An endoscopic technique for voice restoration after total laryngectomy. *Annals of Otolaryngology & Rhinology*, 89, 529D33.
- Шеховић, И., & Петровић-Лазих, М. (2018). Модели евалуације поремећаја гласа код деце. *Удружење логопеда Србије, II*

*Симпозијум логопеда Србије Поремећају говора, гласа и слуха у детињству, 18-33.*

Vázquez de la Iglesia, F., Fernández González, S., & Cámara Gómez, M. (2006). Qualitative Spectral Evaluation of Oesophagic Voice. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 57(7), 319-323.

Weissenbruch, R. V. (1996). *Voice restoration after laryngectomy*. Doctoral dissertation. Netherlands: University of Groningen.

Zemlin, W. R. (1998). *Speech and Hearing Science-Anatomy and Physiology*. (4th ed.). Needham Height, MA: Allyn & Bacon.

*Spectrographic analysis enables graphical separation of speech, as a complex periodical sound, into the basic acoustical elements. It enables obtaining precise data on variability of segments in speech fluency. Various forms of spectrographic analysis enable separation of quantitative parameters of voice. The analysis of formant structure in laryngectomized patients is very important, since they are considered to be responsible for phonetic categorization of the quality of vowels and they are the essential component of speech clearness. The most common spectrographic processor methods implemented for the analysis are: Real-time, Spektrogram, Sona Match, Real-time Pitch.*

**Key words:** *speech assessment, laryngectomy, spectrographic analysis*

## **IMPLEMENTATION OF SPECTRAL METHODS IN THE ANALYSIS OF SPEECH AFTER TOTAL LARYNGECTOMY**

**Ivana Šehović<sup>1</sup>, Mirjana Petrović Lazić<sup>1,2</sup>, Nadica Jovanović Simić<sup>1</sup>, Ivana Arsenić<sup>1</sup>, Snežana Babac<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*University of Belgrade – Faculty of Special Education and Rehabilitation*

<sup>2</sup>*Clinical Centre “Zvezdara”, ORL Clinic, Belgrade*

### **Abstract**

*In this work we will mention most frequently implemented contemporary models of speech assessment in patients with esophageal speech and also in patients with the implemented tracheoesophageal vocal prosthesis. The instrumental approach to clinical examination of voice and speech is of a great importance to diagnostics and rehabilitation. Multidimensional analysis is the latest means used for diagnosing and analysis of voice and speech disorders. The program of multidimensional analysis is a reliable instrument for comparing various forms of communication of laryngectomized patients and assessment of functional speech outcomes after total laryngectomy.*