

## Analiza disfoničnih glasova u kliničkom radu

### *Analysis of dysphonic voices in clinical practice*

Iva Bašić<sup>1</sup>, Siniša Stevanović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Odsjek za fonetiku, Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup>KBC „Sestre milosrdnice“, Zagreb, Klinika za otorinolaringologiju i kirurgiju glave i vrata, Zagreb, Hrvatska

---

#### Sažetak

S obzirom na to da postoji povećana potreba za kvantifikacijom abnormalnosti u glasu, u kliničkom radu nužna je primjena jedinstvenoga parametra za procjenu kvalitete atipičnoga glasa. Najčešće korištene akustičke mjere za procjenu kvalitete atipičnih glasova (jitter, shimmer, omjer harmoničnog i šumnog dijela spektra (HNR – Harmonic to Noise Ratio)) nepouzdanе su kod glasova koji nisu snimljeni u izvrsnim akustičkim uvjetima, te su primjenjive isključivo na blago do umjereno disfoničnim glasovima. S druge pak strane, mjere cepstralnoga vokalnoga vrhunca (CPP – Cepstral Peak Prominence) najrobusnije su akustičke mjere težine disfonije kojima se procjenjuje razina šuma u glasu, a osnovna im je svrha razlikovanje zdravih od patoloških glasova, te klasifikacija disfoničnih glasova.

Cilj ovoga je rada ispitati uspješnost mjere cepstralnoga vokalnoga vrhunca na korpusu atipičnih i tipičnih glasova u odnosu na najčešće korištene mjere za procjenu disfonije. Na audio snimkama govora provedena je akustička i spektralna analiza. Za svakoga su govornika izračunate mjere za procjenu stupnja disfonije: jitter, shimmer, HNR, medijan fundamentalne frekvencije, te CPP. Rezultati istraživanja pokazali su višu razinu osjetljivosti i specifičnosti CPP-a u odnosu na druge primijenjene mjere. Amplituda cepstralnoga vrhunca, broj njegovih pripadajućih vrhova nižih amplituda, te njihova međusobna udaljenost uspješni su markeri (a)periodičnosti govornoga signala. Rezultati ovoga rada, te recentnih istraživanja u području akustičke analize atipičnih glasova pokazali su da primjena CPP mjere u kliničkom radu može biti relevantna za procjenu uspješnosti kirurških zahvata, kao i različitih terapijskih postupaka.

**Ključne riječi:** akustička analiza glasa, (a)tipični glas, dysphonia, cepstralni vokalni vrhunac

---

#### Summary

Given that there is an increased need to quantify abnormalities in the voice, in clinical work it is necessary to apply a singular parameter to assess the quality of an atypical voice. The most commonly used acoustic measures for assessing the quality of atypical voices (jitter, shimmer, Harmonic to Noise Ratio) are unreliable for voices that were not recorded in excellent acoustic conditions and are applicable only to slightly to moderately dysphonic voices. Cepstral vocal peak measures are the most robust acoustic measures of dysphonia that assess the level of noise in the voice. Their main purpose is to distinguish healthy from pathological voices and to classify dysphonic voices.

The aim of this paper is to examine the success of cepstral peak prominence (CPP) measure on a corpus of atypical and typical voices, in relation to the most commonly used measures for the assessment of dysphonia. Audio recordings of speech were subjected to acoustic and spectral analysis. Measures for assessing the degree of dysphonia were calculated for each speaker: jitter, shimmer, HNR, median of fundamental frequency and CPP. The research results showed a higher level of sensitivity and specificity of the CPP, compared to other applied measures. The amplitude of the cepstral peak, the number of its associated peaks of lower amplitudes and their mutual distance are successful markers of the (a)periodicity of the speech signal. The results of this work and recent research in the field of acoustic analysis of the

atypical voice quality have shown that the application of the CPP measure in clinical work can be relevant for assessing the success of surgery, as well as various therapy procedures.

**Key words:** acoustic voice analysis, (a)typical voice, dysphonia, cepstral peak prominence

### Uvod

Kompleksnost ljudskoga glasa, kako zdravoga, tako i bolesnoga, ograničavala je uspješnost akustičke analize i opisa glasa u kliničkom i znanstveno-istraživačkom radu. Razvojem usko specifičnih programa i mjera za akustičku analizu ljudskoga glasa savladani su brojni izazovi pri utvrđivanju i procjenjivanju stupnja abnormalnosti u glasu. U kliničkom radu postoji povećana potreba za kvantifikacijom atipičnosti u glasu<sup>1</sup> s ciljem što učinkovitije i preciznije procjene glasa kojom se može ispitati uspješnost provedenoga kirurškoga zahvata, medikamentne terapije ili pak vokalne terapije.

Za procjenu kvalitete atipičnih glasova u kliničkom, ali i znanstveno-istraživačkom radu, do sada su najčešće korištene mjere *jitter* (mjera perturbacije tona), *shimmer* (mjera perturbacije intenziteta), *Harmonic to Noise Ratio* (HNR; omjer harmoničnog i šumnog dijela spektra) itd. Iako su često korištene u kliničkom radu, brojna istraživanja utvrdila su nepouzdanost njihove upotrebe kod glasova koji nisu snimljeni u izvrsnim akustičkim uvjetima (npr. u studiju za akustička snimanja glasa, sobama s niskom razinom buke), te ograničenje u njihovoj primjeni isključivo na blago do umjereno disfonične glasove.<sup>1</sup> S druge pak strane, mjere cepstralnoga vokalnoga vrhunca (CPP i CPPS, eng. *Cepstral Peak Prominence* i *Cepstral Peak Prominence Smoothed*) pokazale su se kao značajno robusnije akustičke mjere težine disfonije kojima se procjenjuje razina šuma u glasu.<sup>1-2</sup> Njihova se robusnost ogleda u otpornosti na izvanjske negativne utjecaje (buka elektorničkih uređaja, žamor ljudi u klinikama i drugi ometajući zvukovi, promjena udaljenosti i kuta govornika/bolesnika u odnosu na mikrofon) pri snimanju glasa. Osnovna je svrha CPP mjere razlikovanje zdravih od patoloških glasova, te klasifikacija disfoničnih glasova.

Jedan od ciljeva ovoga rada je ispitati uspješnost CPP mjere (u programu Praat<sup>3</sup>) na korpusu atipičnih (disfoničnih) i tipičnih, zdravih glasova u odnosu na najčešće korištene mjere za procjenu disfonije. Također, dodatni je cilj rada odrediti utjecaj vrste govornoga zadatka i stila na spomenute mjere za akustičku i spektralnu analizu glasa.

### Ispitanici i metode

#### Ispitanici

U ovome radu korišten je korpus od 20 (10

atipičnih i 10 tipičnih) govornika snimljenih u Studiju za akustička snimanja glasa pri Odsjeku za fonetiku na Filozofskom fakultetu u Zagrebu. Korpus atipičnih glasova snimljen je i montiran u okviru projekata prof. dr. sc. Gordane Varošaneć-Škarić u razdoblju od 2018. do 2023. g. Osim njega, za potrebe istraživanja korišten je i korpus tipičnih glasova Bazvuka,<sup>4</sup> za potrebe usporedbe eksperimentalne skupine (atipičnih, patoloških glasova) s kontrolnom skupinom (uredni, zdravi glasovi). Svi su govornici prije akustičkoga snimanja ispunili i potpisali Sociodemografski upitnik, te Pristanak na sudjelovanje u istraživanju (koji uključuje suglasnost za snimanje, uvjete pohrane, obrade, te korištenja prikupljenih materijala). Prikupljanje korištenih materijala i informacija odobrilo je Etičko povjerenstvo KBC-a Sestre Milosrdnice u Zagrebu, a istraživanje je provedeno u skladu s etičkim načelima Helsinške deklaracije.

#### Metode

Za potrebe provođenja istraživanja u Studiju za akustička snimanja pri Odsjeku za fonetiku Filozofskog fakulteta u Zagrebu snimljene su različite vrste govornoga materijala koje su uključivale: trostruke fonacije vokala (/a/, /i/ i /u/), čitanje nefrikativnoga teksta, spontanoga govora na zadanu temu,<sup>5</sup> te specijaliziranoga zvučnoga teksta za primjenu CPP mjere (*Odaberi jedan dan*). Za vrijeme snimanja govornika prikupljane su i bilješke o dosljednosti i varijabilnosti vokalnih simptoma (prema preporukama u priručnicima za terapiju glasa<sup>6-7</sup>). Visoka kvaliteta govornih snimki bila je nužan preduvjet za daljnju spektralnu i akustičku analizu jer na mjere jitter, shimmer i HNR snažno utječu brojni vanjski utjecaji poput: akustičkih karakteristika prostorije ili studija za snimanje, akustičkih karakteristika opreme za snimanje, uvjeta snimanja, te vrste govornoga materijala.

Govorni je materijal montiran i analiziran u Praat programu.<sup>3</sup> Analize su uključivale izračun akustičkih mjera: lokalnoga jittera i shimmera, HNR-a, medijan vrijednosti fundamentalne frekvencije, te spektralnu mjeru CPP, ključnih za instrumentalnu procjenu (a)tipičnosti glasa. Tipičan glas je prema visini tona, intenzitetu, te boji glasa (timbru) u skladu s dobi i spolom (odnosno rodom) osobe čiji se glas procjenjuje, dok je atipičan glas onaj koji odstupa u istim temeljnim značajkama glasa u spomenutim

parametrima, a odražava se u poteškoćama ili potpunoj nemogućnosti ispunjavanja uobičajenih dnevnih vokalnih aktivnosti. Jitter, shimmer, te HNR upućuju na odstupanja u pravilnosti rada glasnica u parametrima frekvencije i intenziteta glasa, te u njegovim spektralnim karakteristikama. Uz spomenute se mjere preporučuje i primjena CPP mjere radi uspješnijega odjeljivanja atipičnih i tipičnih glasova, te mogućnosti primjene spomenute mjere i na govornim snimkama koje nisu visoke kvalitete.

## Rezultati

### Rezultati akustičke i spektralne analize glasa

Na temelju korpusa glasova primijenjene su akustičke i spektralne mjere za analizu glasa (Tablica 1 i 2). U korpusu atipičnih glasova tamnim (*bold*) su brojkama označene sve vrijednosti analiziranih parametara koje odstupaju od urednih (CPP granična vrijednost za fonaciju vokala - manja od 14,45 dB; vrijednost lokalnoga jittersa manja od 1 %, vrijednost lokalnoga shimmera manja od 0,35 dB; vrijednost HNR-a manja od 20 dB za vokal [a]).

Kao što je prikazano u Tablici 1, izrazito visoke vrijednosti fundamentalne frekvencije (F0), poput 316 Hz kod osobe s parezom glasnice, ukazuju na izrazitu vokalnu napetost, a vrijednosti CPP mjere znatno su niže od onih kod govornika u kontrolnoj skupini, što je potvrđeno i u drugim studijama.<sup>8-11</sup> S

druge pak strane, izrazito niske vrijednosti F0 za ženske glasove (npr. 101 Hz, 104 Hz, 79 Hz) ukazuju na atipično veliku masu glasnica (uslijed Reinkeova edema). Budući da mjere jitter, shimmer i HNR nisu apsolutni i neovisni indeksi vokalne patologije jer se oslanjaju na identifikaciju i praćenje promjena u fundamentalnoj frekvenciji, očekivano nisu bile primjenjive na glasove čije glasnice uopće nisu vibrirale. S druge pak strane CPP mjera pokazala se primjenjivom i kod teških oblika disfoniije kod kojih se nije moguće osloniti na kretanja fundamentalne frekvencije.<sup>12</sup> Također, CPP mjera znatno je osjetljivija mjera za procjenu disfoničnih glasova od drugih primijenjenih mjera, jer su svi atipični glasovi (prethodno slušno procijenjeni kao disfonični), bili ispodprosječnih vrijednosti CPP mjere, te stoga kategorizirani kao disfonični. Za teške oblike disfoniije, kao primjerice za prvi navedeni slučaj Reinkeova edema (Tablica 1; CPP=3,12), sve druge uobičajene mjere za disfonične glasove nisu bile primjenjive.

Kod pojedinih disfoničnih glasova (npr. uslijed nodula, Reinkeova edema) povišene vrijednosti shimmera ukazivale su na značajniju šumnost glasa, dok je kod druge skupine glasova (npr. Reinkeova edema) povišena vrijednost jittersa ukazivala na zamjetnu hrapavost glasa. Patološke vrijednosti HNR-a utvrđene su samo u skupini osoba s Reinkeovim edemom koje ukazuju na zamjetnu promuklost.

Tablica 1. Prikaz vrijednosti akustičke i spektralne analize atipičnih glasova  
Table 1 Results of acoustic and spectral analysis of atypical voices

	CPPS (dB) /fonacija [a] phonation [a]	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)	F0 (Hz)	spol/g ender
Vokalni noduli/ <i>vocal fold nodules</i>	<b>11,17</b>	0,564	<b>0,43</b>	32	268	ž/f
Pareza glasnice/ <i>vocal fold paresis</i>	<b>10,03</b>	0,392	0,258	36	312	ž/f
Pareza glasnice/ <i>vocal fold paresis</i>	<b>10,43</b>	0,563	0,31	35	316	ž/f
Papilom na glasnici/ <i>vocal fold papiloma</i>	<b>3,12</b>	-	-	-	-	m/m
Cista na glasnici i leukoplakija/ <i>vocal fold cyst and leukoplakia</i>	<b>13,98</b>	0,312	0,177	34	202	ž/f
	<b>5,04</b>	<b>7,11</b>	1,745	<b>8,470</b>	101	ž/f
	<b>10,91</b>	0,695	0	29	104	ž/f
Reinkeov edem/ <i>Reinke's edema</i>	<b>4,02</b>	-	-	-	-	ž/f
	<b>11,83</b>	0,75	<b>0,883</b>	27	101	ž/f
	<b>10,5</b>	<b>1,335</b>	<b>0,531</b>	<b>17,96</b>	79	ž/f

Tablica 2. Prikaz vrijednosti akustičkih i spektralnih mjera analize tipičnih glasova  
 Table 2 Results of acoustic and spectral analysis of typical voices

	CPPS (dB) fonacija [a] phonation [a]	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)	F0 (Hz)	spol/gender
1	16,45	0,191	0,206	24,34	138	m/m
2	15,43	0,408	0,155	30,84	103	m/m
3	19,71	0,211	0,193	27,51	143	m/m
4	19,76	0,323	0,152	30,78	99	m/m
5	16,95	0,513	0,273	28,34	126	m/m
6	16,62	0,376	0,231	32,65	187	ž/f
7	15,3	0,211	0,39	28,54	184	ž/f
8	15,48	0,188	0,225	31	270	ž/f
9	15,5	0,362	0,248	29,86	188	ž/f
10	19,27	0,275	0,284	33,63	175	ž/f

Statističkom analizom rezultata<sup>13</sup> akustičke, te spektralne analize utvrđena je značajna visoka negativna korelacija između CPP-a i jitter-a (-0,8849), CPP-a i shimmer-a (-0,8724), te CPP-a i HNR-a (-0,8723). Što je bio teži stupanj disfoničnosti, to su vrijednosti CPP-a bile niže, dok su vrijednosti aperiodiciteta tona i intenziteta fundamentalne frekvencije bile više.

#### Utjecaj vrste govornoga materijala na vrijednosti CPP mjere

S obzirom na to da CPP analizira odnos aperiodičnoga i periodičnoga zvuka u glasu, očekivano je da se normativne vrijednosti razlikuju za različite govorne materijale. Prema tome, neophodno je uspoređivati govorne materijale iste ili različitih osoba u istovrsnim govornim stilovima, tj. zadacima, jer su granične vrijednosti CPP-a za različitu vrstu govornoga stila različite.

Tablica 3 prikazuje vrijednosti CPP mjere na primjeru jednoga disfoničnog glasa na različitim govornim materijalima: pri fonaciji vokala [a], čitanju fonemski uravnoteženoga teksta (*Sjeverni ledeni vjetar i sunce*), teksta za primjenu CPP-a (*Odaberi jedan dan*), te nefrikativnoga teksta (koji ne sadrži frikative s jakom spektralnom energijom u središnjem i visokom dijelu spektra<sup>5</sup>), posebno prilagođenom za primjenu spektralne mjere dugotrajnoga prosječnoga spektra (LTASS – Long-term Average Speech Spectrum).

Granične vrijednosti za CPP razlikuju se i s obzirom na korišteni program. U ovome je radu korišten program Praat<sup>3</sup> i granične frekvencije CPP-a koje su utvrdili Murton i suradnici: 14,45 dB za fonacije, te 9,33 dB za čitači stil.<sup>12</sup> Drugi autori navode slične vrijednosti: 13,96 dB za fonacije i 8,37 za čitanje.<sup>14</sup>

Tablica 3. Prikaz vrijednosti CPP mjere na primjeru tri disfonična glasa na različitim govornim materijalima  
 Table 3 CPP values of three dysphonic voices on different speech materials

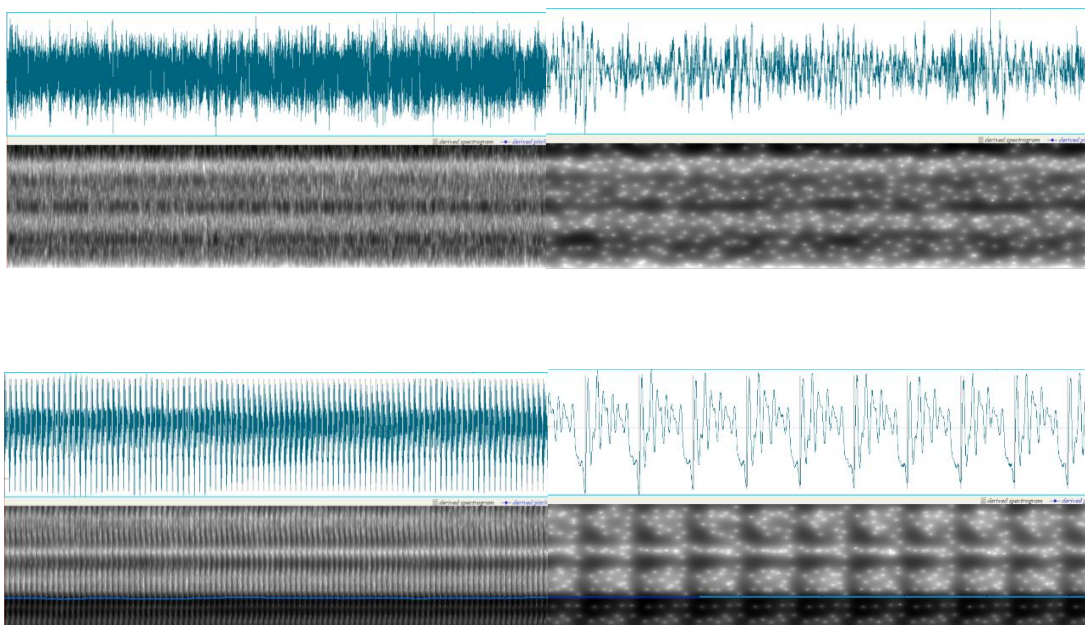
	CPP (dB) pri fonaciji [a]/ CPP (dB) of phonation [a]	CPP (dB) u čitanju fonemski uravnoteženoga teksta / CPP (dB) in reading phonemically balanced text	CPP (dB) u čitanju zvučnoga teksta / CPP (dB) in reading voiced text	CPP (dB) u čitanju nefrikativnoga teksta / CPP (dB) in reading non-fricative text
Cista na glasnici i leukoplakija/ vocal fold cyst and leukoplakia	13,98	9,56	10,51	10,04
Pareza glasnice/ vocal fold paresis	10,43	11,31	11,51	10,61
Pareza glasnice/ vocal fold paresis	8,06	6,45	6,51	6,43

Iz Tablice 3 vidljivo je da su vrijednosti CPP-a najviše u fonacijama vokala [a] u usporedbi s drugim vrstama govornih materijala (za koje je i granična vrijednost znatno niža jer se ispituje udio šuma u harmonično-neharmoničnom audio materijalu). S druge pak strane zvučni je tekst kod sva tri atipična glasa pokazao najviše CPP vrijednosti u odnosu na druge analizirane vrste tekstova. Spomenuti rezultat upućuje na veću osjetljivost ovoga govornog materijala u odnosu na druge analizirane.

#### Spektrogramski prikazi i CPP mjere atipičnih glasova

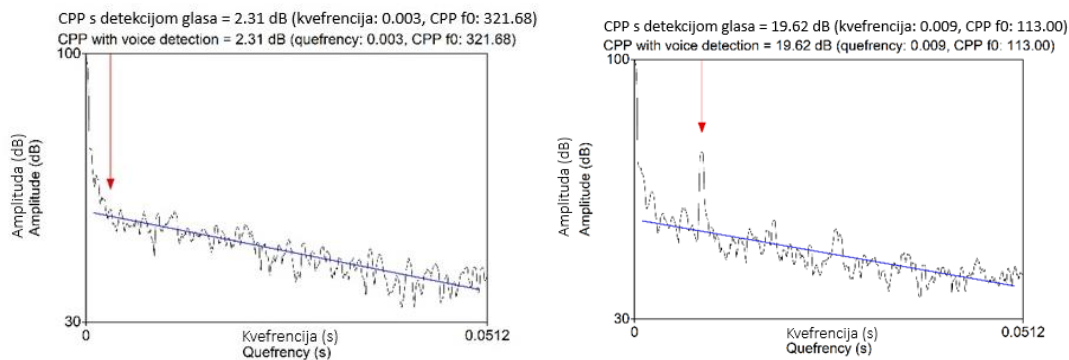
Analiza patoloških glasova može uključivati primjenu protokola za perceptivnu slušnu procjenu

kvalitete glasa (VPA, Protokol deskriptivnoga fonetskog opisa glasove kvalitete, GRBAS, Buffalo III itd.), raznovrsne akustičke, te spektralne mjere, a u znanstveno-istraživačkom i kliničkom radu teži se što većoj osjetljivosti i specifičnosti mjera i alata za procjenu glasa, uz istovremenu maksimalnu vremensku učinkovitost.<sup>7,18</sup> Na *Slici 1* prikazani su spektrogramski prikazi (udio od 1 s lijevo i 10 ms desno) atipičnoga glasa (*vocal fold papiloma*) gore i tipičnoga glasa dolje. Temeljne razlike u spektralnim prikazima očituju se u harmoničnosti zvuka zdravoga glasa i neharmoničnosti zvuka atipičnoga, afoničnoga glasa koje su posebno izražene u valnome obliku (uzorak od 10 ms), te u kretanjima tona (plava linija). Na *Slici 2* prikazani su CPP prikazi atipičnoga glasa (*vocal fold papiloma*) lijevo i zdravoga glasa desno.



Slika 1. Spektrogramski prikaz atipičnoga glasa (gore) i zdravoga (tipičnoga) glasa (dolje) u uzorku od 1s (lijevo) i 10 ms (desno)

Figure 1 Spectrogram of atypical voice (top) and healthy (typical) voice (bottom) in a 1s sample (left) and 10 ms sample (right)



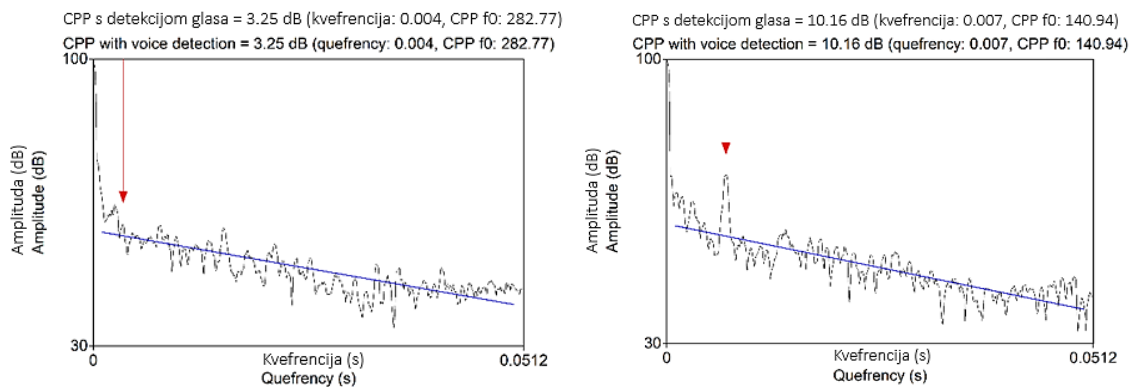
Slika 2. CPP prikazi atipičnoga muškoga glasa (lijevo) i zdravoga (tipičnoga) muškoga glasa (desno)  
 Figure 2 CPP of atypical male voice (left) and healthy (typical) male voice (right)

Osim niske vrijednosti CPP-a (2,31 dB za afonični i 19,62 dB za zdravi glas), patološki se afoničan glas u odnosu na zdravi glas ističe i zastupljenošću brojnih vrhova sličnih amplituda na višestrukim frekvencijama bez definiranih intervala i obrazaca, dok kod zdravoga glasa na CPP prikazu preteže jedan istaknuti vrh u cepstrumu (cepstralnom vrhuncu) koji ima najveću i znatno višu amplitudu od drugih slabijih vrhova, te svojom istaknutošću odražava periodičnost u glasu<sup>2</sup> u odnosu na razinu pozadinskoga šuma.<sup>15-16</sup>

#### CPP mjere i prikazi u procjeni uspješnosti kirurškoga zahvata i terapijskih postupaka

Heman-Ackah i suradnici<sup>1</sup> preporučuju CPP kao opću mjeru disfonije, te najrobusniju akustičku mjeru težine disfonije, a napominju da može poslužiti i kao

prediktor disfonije. Fraile i suradnici<sup>17</sup> ističu da može biti relevantna i za procjenu uspješnosti kirurških zahvata, kao i različitih terapijskih postupaka (npr. vokalne terapije) ili pak za procjenu napredovanja bolesti. Na Slici 3 vidljivi su CPP prikazi i mjere za ženski glas prije i poslije kirurškoga zahvata (uslijed medijalizacijske tireoplastike). Na uspješnost kirurškoga zahvata ukazuje znatno viša vrijednost CPP-a poslije kirurškoga zahvata (10,16 u odnosu na 3,25 prije kirurškoga zahvata), postojanje cepstralnoga vrhunca i bolja uravnoteženost preostalih dijelova cepstruma. Iako kvaliteta glasa poslije kirurškoga zahvata ne doseže karakteristike i vrijednosti CPP-a zdravih glasova, značajno poboljšanje postoperativno ukazuje na uspješnost kirurškoga zahvata kojim je postignut blago disfoničan glas, u odnosu na tešku disfoniju na granici afonije preoperativno.



Slika 3. CPP prikazi atipičnoga glasa ženske osobe prije kirurškoga zahvata medijalizacijske tireoplastike (lijevo) i poslije (desno)

Figure 3 CPP of atypical female voice before surgical procedure medialization thyroplasty (left) and after (right)

### Rasprava

Rezultati ovoga rada ukazuju na uspješnije odjeljivanje zdravih i patoloških glasova pri primjeni CPP mjere u odnosu na mjere jitter, shimmer i HNR, što je potvrđeno i u drugim studijama,<sup>1</sup> a njezina se prednost ogleda i u pouzdanoj primjeni u nestudijskim uvjetima snimanja. Također, CPP mjera je, za razliku od uobičajenih mjera za procjenu kvalitete atipičnih glasova, primjenjiva i na teške oblike disfonije (prvi navedeni slučaj Reinkeova edema (Tablica 1)), što je utvrđeno i u drugim istraživanjima.<sup>1</sup> Vrijednosti CPP mjere pri analizi istoga glasa u različitim govornim zadacima uvelike su varirali, te je stoga nužno nadzirati uvjete snimanja i govorni materijal. Brojni autori<sup>1,12,17</sup> naglašavaju da je od iznimne važnosti uspoređivati rezultate dobivene na istim govornim materijalima i zadacima,

te da je u kliničkom radu nužno s oprezom tumačiti vrijednosti CPP-a oko granične vrijednosti.<sup>12</sup>

Rezultati ovoga rada potvrdili su da je CPP mjera bolja metoda u objektivnoj analizi glasa, te da može biti korištena za prevenciju disfonije, kao i za procjenu uspješnosti kirurških zahvata te vokalne terapije, što je potvrđeno i u ranijim radovima.<sup>17</sup> Heman-Ackah i suradnici<sup>1</sup> također preporučuju primjenu CPP mjere u kliničkom radu.

Procjena kvalitete glasa smatra se ključnim, ali kontroverznim dijelom procesa procjene u području patologije glasa<sup>20</sup> jer se multidimenzionalnost glasa očituje kroz fiziološke, biomehaničke i aerodinamičke mehanizme koji stoje u njegovoj podlozi. Stoga je za holistički opis glasovnih poremećaja s jedne strane nužna multidisciplinarnost, a s druge strane primjena različitih istraživačkih metoda.<sup>18-19</sup> Uz nalaze nakon otorinolaringološkog



pregleda bolesnika, primjenom akustičkih i spektralnih analiza glasa, perceptivno-slušnih procjena kvalitete glasa, te samoprocjene glasa, stječe se sveobuhvatan uvid u opseg poremećaja glasa, te njihov utjecaj na kvalitetu života bolesnika.<sup>21</sup>

### Zaključak

S obzirom na to da postoji povećana potreba za kvantifikacijom abnormalnosti u glasu<sup>1</sup>, u kliničkom radu nužna je primjena jedinstvenoga parametra za procjenu kvalitete atipičnoga glasa. Zahtjevnost specifičnih uvjeta za snimanje govornika, te oslanjanje na fundamentalnu frekvenciju, činile su najčešće korištene mjere za procjenu disfonije nedovoljno robusnima i osjetljivima. U ovome je radu analizom tipičnih i atipičnih glasova utvrđeno da je CPP mjera primjenjiva kod svih stupnjeva disfonije, dok su preostale mjere bile učinkovite samo kod blagoga, te umjerenoga stupnja. Na različitim govornim materijalima utvrđeno je da je idealan govorni materijal u potpunosti zvučan, ali i da je na većemu korpusu nužno odrediti granične vrijednosti za različite vrste tekstova, te kategorizaciju disfoničnih glasova. Osim toga valja istaknuti da se CPP mjera pokazala učinkovitom i pri procjeni uspješnosti provedenih kirurških zahvata, a u budućem se kliničkom radu stoga može koristiti pri procjeni uspješnosti medikamentne i vokalne terapije, u praćenju tijeka bolesti, te kao mjera prevencije disfonije.

Rezultati istraživanja doprinose razumijevanju kompleksnosti ljudskog glasa, te razvoju dijagnostičkih metoda u kliničkoj praksi, a istraživanje naglašava potrebu za kvantifikacijom abnormalnosti glasa, što je ključno za poboljšanje kliničke prakse i individualizirane terapije. U konačnici ovaj znanstveno-stručni doprinos pruža temelje za daljnja istraživanja i razvoj dijagnostičkih alata koji će omogućiti precizniju evaluaciju glasovnih poremećaja, te poboljšati kvalitetu života osoba s poremećajima glasa.

### Literatura

1. Heman-Ackah YD, Heuer RJ, Michael DD, et al. Cepstral peak prominence: a more reliable measure of dysphonia. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2003; 112:324-33.
2. Hillenbrand J, Cleveland RA, Erickson RL. Acoustic correlates of breathy vocal quality. *J Speech Lang Hear R* 1994; 37:769-778.
3. Boersma P, Weenink D. Praat: doing phonetics by computer [računalni program]. Verzija 6.4.05. Dostupno na adresi: <http://www.praat.org/>. Datum pristupa: 11.11.2024.

4. Varošaneć-Škarić G, Bašić I, Biočina Z. Bazvuka: zvučna baza govora. [računalni programski paket]. Dostupno na adresi: <https://bazvuka.ffzg.unizg.hr/>. Datum pristupa: 11.11.2024.
5. Varošaneć-Škarić G, Stevanović S, Bašić I. Comparative perceptual evaluation and acoustic voice analysis of a transgender client male to female before and after laser-assisted voice adjustment surgery. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja* 2021; 57:40-55.
6. Andrews ML. *Manual of Voice Treatment: Pediatrics Through Geriatrics*. 3. izd. New York: Thomson Delmar Learning, 2006.
7. Boone DR, McFarlane SC, Von Berg SL, Zraick RI. *The Voice and Voice Therapy*. 10. izd. Hoboken, NJ: Pearson, 2020.
8. Hartl DM, Hans S, Vaissière J, Riquet M, Brasnu DF. Objective voice quality analysis before and after onset of unilateral vocal fold paralysis. *J Voice* 2001; 15:351-61.
9. Hartl DA, Hans S, Vaissière J, Brasnu DA. Objective acoustic and aerodynamic measures of breathiness in paralytic dysphonia. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2003; 260:175-82.
10. Kumar BR, Bhat JS, Prasad N. Cepstral analysis of voice in persons with vocal nodules. *J Voice* 2010; 24:651-653.
11. Balasubramaniam RK, Bhat JS, Fahim III S, Raju III R. Cepstral analysis of voice in unilateral adductor vocal fold palsy. *J Voice* 2011; 25:326-329.
12. Murton O, Hillman R, Mehta D. Cepstral Peak Prominence Values for Clinical Voice Evaluation. *Am J Speech Lang Pathol* 2020; 29:1596-1607.
13. Microsoft Corporation. (2018). Microsoft Excel. Dostupno na adresi: <https://office.microsoft.com/excel>. Datum pristupa: 11.11.2024.
14. Delgado-Hernández J, León-Gómez NM, Izquierdo-Arteaga LM, Llanos-Fumero Y. Cepstral analysis of normal and pathological voice in Spanish adults. Smoothed cepstral peak prominence in sustained vowels versus connected speech. *Acta Otorinolaryngol Esp (Engl. Ed.)* 2018; 69:134-140.
15. Awan S, Roy N. Acoustic prediction of voice type in women with functional dysphonia. *J Voice* 2005; 19:268-282.
16. Awan S, Roy N, Dromey C. Estimating dysphonia severity in continuous speech: Application of a multi-parameter spectral/cepstral model. *Clin Linguist Phon* 2009; 23:825-841.
17. Fraile R, Godino-Llorente JI. Cepstral peak prominence: A comprehensive analysis. *Biomed Signal Proces Control* 2014; 14:42-54.
18. Müller N, Ball M. *Research Methods in Clinical Linguistics and Phonetics: A Practical Guide*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2013.
19. Papakyritsis I. Acoustic Phonetics for the Speech Clinician. In: Ball M. Ed. *Manual of Clinical Phonetics*. London: Routledge, 2021.

20. Maryn Y, Roy N, De Bodt M, Van Cauwenberge P, Corthals P. Acoustic measurement of overall voice quality: a meta-analysis. *J Acoust Soc Am* 2009; 126:2619-2634.
21. Zehnhoff-Dinnesen A, Wiskirska-Woznica B, Neumann K, Nawka T. *Phoniatrics I Fundamentals – Voice Disorders – Disorders of Language and Hearing Development*. Heidelberg: Springer Berlin, 2020.