

# Diferencijalna dijagnostika poremećaja glasa pomoću Indeksa jakosti disfonije - DSI

---

Vincek, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2018

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:158:861567>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2020-11-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Education and Rehabilitation Sciences -  
Digital Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad  
**Diferencijalna dijagnostika poremećaja glasa pomoću  
Indeksa jakosti disfonije – DSI**

Lucija Vincek

Zagreb, rujan, 2018.

Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad  
**Diferencijalna dijagnostika poremećaja glasa pomoću  
Indeksa jakosti disfonije – DSI**

Lucija Vincek

doc.dr.sc. Ana Bonetti

Zagreb, rujan, 2018.

## **Izjava o autorstvu rada**

Potvrđujem da sam osobno napisala rad *Diferencijalna dijagnostika poremećaja glasa pomoću Indeksa jakosti disfonije – DSI* i da sam njegova autorica.

Svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima jasno su označeni kao takvi te su adekvatno navedeni u popisu literature.

Lucija Vincek

Zagreb, 5. rujna 2018.

## **Zahvala**

Od srca zahvaljujem mentorici doc.dr.sc. Ani Bonetti na stručnom vođenju, savjetima i pomoći tijekom pisanja ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem KBC-u Rebro i KBC-u Sestre Milosrdnice na pomoći u prikupljanju uzorka za ovo istraživanje.

Zahvaljujem i svojoj obitelji na beskrajnom razumijevanju i podršci tijekom mog školovanja.

# DIFERENCIJALNA DIJAGNOSTIKA POREMEĆAJA GLASA POMOĆU INDEKSA JAKOSTI DISFONIJE – DSI

Lucija Vincek

doc.dr.sc. Ana Bonetti

Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet, Odsjek za logopediju

## ***Sažetak:***

Indeks jakosti disfonije (DSI) je objektivni višeparametrijski mjerni instrument koji na temelju najviše frekvencije (F<sub>0</sub>-High), maksimalnog vremena fonacije (MPT), najnižeg intenziteta (I-Low) i *jittera* kvantificira promjene glasovne kvalitete. Koristi se kao sastavni dio cjelovite kliničke procjene, a njegov je značaj prepoznat ponajprije u dijagnostici, ali i praćenju pacijenata s poremećajima glasa.

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti Indeks jakosti disfonije kod osoba s dijagnosticiranim poremećajem glasa, te utvrditi postoje li razlike između ispitanika s obzirom na uzrok i razlikuju li se njihovi rezultati od osoba bez vokalne patologije.

Istraživanje je bilo provedeno na 20 osoba (17 žena i 3 muškarca) s dijagnosticiranim benignim promjenama čije su dijagnoze podijeljene u dvije skupine: organski i funkcionalni poremećaji glasa. Rezultati grupe s disfonijom uspoređivani su međusobno, tj. između etioloških grupa kao i s kontrolnom skupinom koju je činilo 11 osoba (8 žena i 3 muškarca). Indeks jakosti disfonije određivan je na temelju snimljenih fonacija iz kojih su potrebni parametri izdvojeni analizom u programu Praat. Dobiveni rezultati obrađeni su u programu SPSS.

Rezultati istraživanja pokazali su postojanje statistički značajne razlike na Indeksu jakosti disfonije između skupine ispitanika s poremećajem glasa i ispitanika bez poremećaja glasa. Također, značajne razlike zabilježene su na varijabli maksimalno vrijeme fonacije. Razlike u rezultatima DSI nisu pronađene između funkcionalnih i organskih poremećaja glasa.

Indeks jakosti disfonije pokazao se kao valjan mjerni instrument u utvrđivanju poremećaja glasa, tj. odvajanju glasova narušene kvalitete od zdravih glasova. Međutim, u ovom istraživanju nije se pokazao dovoljno osjetljivim za diferenciranje disfoničnih glasova što se može pripisati metodološkim nedostacima.

***Ključne riječi:*** Indeks jakosti disfonije, diferencijalna dijagnostika, organski poremećaji glasa, funkcionalni poremećaji glasa

# **DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF VOICE DISORDERS WITH DYSPHONIA SEVERITY INDEX – DSI**

**Lucija Vincek**

**doc.dr.sc. Ana Bonetti**

**University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences, Department of Speech Language Pathology**

## ***Abstract:***

The Dysphonia Severity Index (DSI) is an objective multiparameter measure which quantifies vocal quality changes based on highest frequency (F<sub>0</sub>-High), maximum phonation time (MPT), lowest intensity (I-Low) and jitter. It is used as part of the complete clinical assessment and its value has been recognised primarily in diagnostics, but also in monitoring patients with voice disorders.

The aim of this research was to determine the Dysphonia Severity Index in patients with a diagnosis of a voice disorder and to establish whether there are differences between the scores of the participants with regard to the cause and whether their scores differ from those of the participants with no vocal pathology.

The research was conducted on a sample of 20 participants (17 female and 3 male) with a diagnosis of benign changes. Their diagnoses have been divided into two categories: organic and functional voice disorders. The scores of patients with a dysphonia were compared with other scores within the group, that is among the etiological groups, as well as with the scores of the control group, which consisted of 11 participants (8 female and 3 male). The Dysphonia Severity Index was determined based on the recorded phonations, from which the parameters needed were abstracted using the Praat software. The scores gathered was processed using the SPSS software.

The results of the research have proved the existence of a statistically significant difference in the Dysphonia Severity Index between the group of participants with a voice disorder and the participants without a voice disorder. Furthermore, significant differences were also found with regard to the maximum phonation time parameter. No differences in the scores of DSI have been found between the functional and the organic voice disorders.

The Dysphonia Severity Index has proved to be a valid measurement in the assessment of voice disorders, that is in differentiating voices of a reduced quality from normal voices. However, it has not proved in this study to be sensitive enough to differentiate between dysphonic voices, which can be ascribed to methodological issues.

***Key words:*** Dysphonia Severity Index, differential diagnosis, organic voice disorders, functional voice disorders.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Vrste poremećaja glasa.....	1
1.1.1. Funkcionalni poremećaji glasa.....	1
1.1.2. Organski poremećaji glasa .....	3
1.2. Načini procjene poremećaja glasa .....	3
1.3. Subjektivna procjena .....	4
1.3.1. Samoprocjena glasa.....	4
1.3.1.1. Upitnici za samoprocjenu glasa.....	5
1.3.1.2. Indeks vokalnih teškoća (Voice Handicap Index – VHI).....	5
1.3.1.3. Voice Activity and Participation Profile (VAPP) .....	6
1.3.1.4. Skala vokalnih simptoma (Voice Symptome Scale – VOISS) .....	7
1.3.2. Perceptivna procjena .....	7
1.3.2.1. Upitnici za perceptivnu procjenu glasa .....	8
1.3.2.2. GRBAS.....	8
1.3.2.3. Konsenzus auditivno-perceptivne procjene glasa (The Consensus Auditory- Perceptual Evaluation of Voice, CAPE-V) .....	9
1.4. Objektivna procjena .....	9
1.4.1. Programi za akustičku analizu.....	10
1.4.2.1. Praat.....	10
1.4.3. Akustičke karakteristike glasa.....	10
1.4.3.1. Fundamentalna frekvencija ( $F_0$ ) .....	11
1.4.3.2. Jitter i shimmer.....	11
1.4.3.3. Omjer signal-šum (HNR).....	12
1.4.4. Indeks jakosti disfonije (Dysphonia severity index – DSI).....	12
2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	18
2.1. Cilj istraživanja .....	18
2.2. Problem istraživanja.....	18
2.3. Pretpostavka istraživanja.....	18
3. METODE ISTRAŽIVANJA.....	19
3.1. Uzorak .....	19
3.2. Mjerni instrumenti.....	22
3.3. Varijable .....	23
3.4. Način provedbe istraživanja .....	24



3.5. Obrada podataka.....	25
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA.....	26
5. VERIFIKACIJA HIPOTEZA .....	32
6. ZAKLJUČAK .....	33
7. LITERATURA.....	34

# 1. UVOD

## 1.1. Vrste poremećaja glasa

Promjena u vokalnoj kvaliteti definirana je kao postojanje bilo kakvog strukturalnog ili funkcionalnog oštećenja glasovnog mehanizma (Bradley, 2010). Ta odstupanja rezultat su bioloških, psiholoških i socioloških čimbenika. Colton, Casper i Leonard (2006) podijelili su poremećaje glasa u tri glavne kategorije s obzirom na uzrok njihovog nastanka, a to su: poremećaji glasa koji su rezultat zlouporabe glasa, oni koji nastaju zbog organskih promjena ili traume i neurološki uvjetovane disfonije. Međutim, kod velikog broja pacijenata kliničku sliku poremećaja uvjetuje međudjelovanje prethodno navedenih čimbenika što rezultira promjenom simptoma i tijeka glasovnog stanja. Iz tog razloga u procjeni je ključno određivanje trenutnih simptoma, izdvajanje primarnih i sekundarnih dijagnoza i onih stanja koja moguće doprinose pacijentovim problemima s glasom (Bradley, 2010).

### 1.1.1. Funkcionalni poremećaji glasa

Funkcionalni poremećaji glasa dijagnosticiraju se kod pacijenata kod kojih nije narušena anatomija vokalnog mehanizma, ali je unatoč tome kvaliteta glasa poremećena. Wilson i sur. (1995) navode da se dijagnoza funkcionalnih poremećaja glasa temelji na laringoskopskom pregledu i isključenju prisutnosti organskih promjena.

Aronson i sur. (1964) daju smjernice za pouzdaniju dijagnozu funkcionalnih poremećaja glasa. Dakle, u slučaju takvog tipa poremećaja laringoskopski pregled je negativan, dok je stroboskopski pozitivan, težina disfonije nije u skladu s anatomske stanjem vokalnog aparata, poremećaj ima različite simptome, reverzibilnog je karaktera, a dugotrajni odstupajući obrasci vokalnog ponašanja mogu dovesti do sekundarnih poremećaja glasa. Nadalje, Seifert i Kollbrunner (2015) došli su do zaključka da se ova vrsta poremećaja glasa predominantno javlja kod žena i to u omjeru 2:1.

Koufman i Blalock (1982) klasificirali su funkcionalne poremećaje glasa u pet skupina: iznenadna afonija/disfonija, habitualna promuklost, *falseto*, zlouporaba glasa i postoperativna disfonija. Novija klasifikacija dijeli funkcionalne poremećaje glasa u četiri grupe: psihogeni poremećaji glasa, kriva uporaba ili zlouporaba, organske abnormalnosti zbog zlouporabe i/ili krive uporabe glasa te idiopatski poremećaji glasa (Boone i McFarlane, 2000).

Kao glavni uzroci funkcionalnih poremećaja glasa izdvajaju se zlouporaba i kriva uporaba glasa (koje se vežu uz pretjerano vikanje, vrištanje, nakašljavanje, pročišćavanje grla, dugotrajno govorenje što dovodi do fonotraume) te različita psihogena stanja (Aronson, 1964). Drugim riječima, funkcionalni poremećaji nastaju pod utjecajem psihološke neravnoteže ili bihevioralne komponente koje dovode do hiperfunkcije ili hipofunkcije. Međutim, navedene faktore ne bi trebalo u potpunosti odvajati jer je funkcija unutarnjih i vanjskih laringealnih mišića vrlo osjetljiva na emocionalni stres (Aronson, 1990; prema Seifert i Kollbrunner, 2005). Također, istraživanja su pokazala da osobe s funkcionalnim poremećajima glasa dijele neke zajedničke psihološke probleme, a jedan od najčešće spominjanih je povećana anksioznost zbog čega stručnjaci u praksi često za funkcionalne poremećaje koriste termine psihogeni, psihosomatski ili somatoformni poremećaji (Seifert i Kollbrunner, 2005). Uz navedene čimbenike, neadekvatna mišićna aktivnost može se pripisati i neadekvatnom vokalnom ponašanju koje je posljedica infekcije gornjeg respiratornog sustava, GERB-u koji dovodi do povećanog tonusa laringofaringealnog područja, te učvršćenim kompenzacijskim mehanizmima koji su rezultat manje glotalne insuficijencije (Roy i sur., 2003).

Roy i sur. (2003) se slažu da točan uzrok pojave simptoma nije u potpunosti razjašnjen, ali smatraju da psihološki faktori imaju značajan utjecaj na funkciju vratnih i laringealnih mišića. Dakle, budući da fizičko i emocionalno stanje osobe direktno utječe na kvalitetu glasa, Demmink-Geertman i Dejonckere (2002) proveli su istraživanje u kojem su nastojali dokazati povezanost neorganske disfonije i subjektivnog doživljaja disfunkcije autonomnog živčanog sustava. Eksperimentalnu grupu činila su 83 pacijenta, a kontrolnu 84. Svi su ispunjavali upitnik sastavljen od liste simptoma (46 čestica) koja je uključivala općenite tegobe koje nisu vezane uz glas (npr. gubitak apetita, hladne ruke, konstipacija, manjak energije...), one koje su vezane uz glas (npr. bol u vratu, hiperventilacija, osjećaj napetosti tijekom govorenja, vokalni zamor...), neke čestice koje nisu relevantne (npr. glavobolja, kronične bolesti...) i jedna čestica je ponovljena, ali preformulirana. Obradom dobivenih podataka zaključeno je da su žene s funkcionalnim poremećajima glasa imale statistički značajno više pozitivnijih odgovora u usporedbi s kontrolnom skupinom. Iako takav rezultat upućuje na povezanost disfonije i psiholoških faktora, ne može se zasigurno reći je li disfunkcija autonomnog živčanog sustava uzrok, posljedica ili samo koegzistira uz disfoniju.

Primarni oblik liječenja je simptomatska glasovna terapija. Sifert i Kollbrunner (2005) navode da su primarni ciljevi: razvoj svjesnosti, regulacija tjelesne napetosti i disanja, te poboljšanje kvalitete glasovne produkcije. Dakle, terapijom se nastoji uspostaviti ispravna fonacija te time prevenirati nastanak sekundarnih organskih i funkcionalnih poremećaja.

Istraživanje Bridger i sur. (1983) provedeno na 109 pacijenata s funkcionalnim poremećajima glasa pokazalo je da se nakon terapije glas vratio u prvobitno stanje kod 56% pacijenata, od kojih je 54% završilo s terapijom nakon 3 mjeseca. Ako su u podlozi problema s glasom izraženiji psihološki faktori u terapiju se preporučuje uključiti psihologa (Seifert i Kollbrunner, 2005).

### **1.1.2. Organski poremećaji glasa**

Nastanak organskih poremećaja glasa nije vezan uz krivu uporabu ili zlouporabu glasa, već strukture glasovnog mehanizma mijenjaju svoju funkciju zbog različitih organskih promjena. Glasovna produkcija je narušena zbog novonastalih izraslina na glasnicama, promjena hrskavičnih struktura ili neuroloških oštećenja zbog kojih je narušena inervacija larinksa. Ove modifikacije mogu biti posljedica prirodnih anomalija, upalnih procesa, dobroćudnih tumora ili funkcionalnih poremećaja (Bolfan-Stošić, 1994). Etiologija organskih poremećaja nije vezana uz psihosocijalne faktore, ali se oni mogu razviti iz organskih poremećaja te se smatra da, ako su prisutni, značajno mogu utjecati na težinu glasovne patologije. Početak i tijek poremećaja, odnosno izraženost simptoma, povezana je sa samom prirodom organske promjene, a mišićna napetost se pojavljuje kao neizbježna posljedica kompenzacijskih mehanizama koji su nastali zbog fizioloških promjena u radu vokalnog aparata. Promjene na tkivu glasnica izazivaju nepotpuno i/ili nepravilno zatvaranje glotisa koje je praćeno perceptivnim simptomima poput šumnog, napetog i grubog glasa. U slučaju laringealnih trauma izazvanih tupim ili penetrirajućim ozljedama također dolazi do izrazite promuklosti uz nepravilno glotalno zatvaranje.

Neurogeni poremećaji glasa najčešće se izravno vežu uz ozljede rekurentnog laringealnog živca, ali prisutni su i kao popratne dijagnoze neuroloških oboljenja poput Parkinsonove bolesti, amiotrofne lateralne skleroze, multiple skleroze itd. Organski poremećaji glasa najčešće se liječe medikamentozno ili kirurški, a preporučuje se logopedska terapija prije i nakon operativnog zahvata (Baker i sur., 2007).

## **1.2. Načini procjene poremećaja glasa**

U kliničkoj praksi koriste se različite mjere procjene glasa. Njihovom primjenom nastoji se potvrditi prisutnost ili odsutnost poremećaja glasa, pratiti kako se određeno vokalno stanje

razvija, dati prognoza, te pratiti populaciju koja pokazuje rizik za nastanak poremećaja glasa (Dollaghan, 2007; prema Roy i sur., 2013). Idealnom procjenom se smatra ona koja uključuje multidisciplinarni tim kojeg čine barem ORL stručnjak i logoped. Schwartz i sur. (2009; prema Roy i sur., 2013) navode da ORL stručnjak primarno ima ulogu u uzimanju anamneze, fizičkom pregledu i vizualizaciji larinksa endoskopskim pretragama, dok logoped koristi različite objektivne i subjektivne mjere kako bi procijenio akustičke osobitosti glasa te njihov utjecaj na kvalitetu života. Brojni autori naglašavaju da, budući da je glas po svojoj prirodi multidimenzionalan, procjena također mora obuhvaćati skup pretraga koje će precizno odraziti status vokalne produkcije. Europsko laringološko društvo (Dejonckere, 2001; prema Hummel, 2010) govori o standardnom protokolu procjene kvalitete glasa koja uključuje: endoskopski pregled, auditivno-perceptivnu analizu, samoprocjenu, aerodinamičke testove i akustičku analizu.

### **1.3. Subjektivna procjena**

Subjektivna procjena podrazumijeva vlastitu prosudbu kvalitete glasa (samoprocjena) pomoću različitih upitnika procjene ili glas procjenjuje stručnjak u području poremećaja glasa (perceptivna procjena). Takav vid procjene, naravno, uvelike olakšava dijagnostiku i terapiju poremećaja glasa, a pozitivnim stranama pridonose njezina ekonomska isplativost, neinvazivnost i primjenjivost u kratkom vremenu. Međutim, postoje i negativne strane takve procjene. U prvom redu su to iskustvo procjenjivača, razlike u njihovim unutarnjim kriterijima te terminološka neusklađenost što onemogućava usporedbu. Subjektivna procjena nudi opis akustičkih osobitosti glasovne izvedbe pri čemu se karakteristike glasa opisuju pridjevima poput: promukao, šuman, napet, hrapav, piskutav, škripav, nazalan, stridoran, diplofoničan, hidrofoničan i afoničan glas (Izbedski, 2007; Titze, 1994; prema Bonetti, 2010).

#### **1.3.1. Samoprocjena glasa**

Za samoprocjenu glasa koriste se biopsihosocijalni testovi, tj. pacijentu se daju tiskani upitnici na koje on odgovara, a koji se kasnije vrednuju. Takvi se upitnici oslanjaju na impresije osobe o vlastitom glasu koje se temelje na usporedbi trenutne kvalitete s prijašnjim glasovnim stanjem. Drugim riječima, na osnovi pacijentovih odgovora određuje se težina poremećaja glasa i njegov utjecaj na svakodnevni život. Ono što se nikako ne smije zanemariti u procjeni jest

činjenica da odgovori na upitnicima samoprocjene ovise o profesionalnim i socijalnim zahtjevima, kao i karakteristikama ličnosti, tako da pacijenti fiziološki isti problem mogu percipirati različito na kontinuumu težine glasovnih simptoma (Hakkesteeft, 2009).

### **1.3.1.1. Upitnici za samoprocjenu glasa**

Upitnici za samoprocjenu primjenjuju se s ciljem prikupljanja informacija o subjektivnom doživljaju glasovne simptomatologije i njenom djelovanju na socijalni i profesionalni život pojedinca. Neki od najčešće korištenih su Indeks vokalnih teškoća (VHI), Voice Activity and Participation Profile (VAPP) i Skala vokalnih simptoma (VOISS).

### **1.3.1.2. Indeks vokalnih teškoća (Voice Handicap Index – VHI)**

Indeks vokalnih teškoća osmislila je Jacobson 1997. godine. Ovaj upitnik omogućuje pacijentu da lakše opiše svoj glas i kako novonastale promjene utječu na njegovu kvalitetu života. Sastoji se od 30 tvrdnji koje su raspoređene u 3 podskale – emocionalnu, funkcionalnu i fizikalnu. Na tvrdnje osoba odgovara zaokruživanjem brojeva od 0 – 4 (nikad, gotovo nikad, ponekad, gotovo uvijek i uvijek) s obzirom na vlastitu procjenu učestalosti pojave događaja iznesenih u tvrdnjama. Maksimalni rezultat koji se može ostvariti upitnikom je 120, a što je rezultat viši to je ozbiljniji problem s glasom (Hakkesteeft, 2009).

Njegova česta primjena pokazala je da se kod različitih populacija s poremećajima glasa dobivaju različiti podaci. U navedenoj činjenici krije se motiv za konstruiranje dodatnih verzija VHI za specifične skupine. Tako su dosad osmišljene još 3 varijante VHI – *pediatric Voice Handicap Index* (pVHI), *singing Voice Handicap Index* (sVHI) i VHI-10.

pVHI je osmišljen za procjenu kvalitete glasa i njegovog utjecaja na komunikaciju, razvoj, obrazovanje i socijalni život kod pedijatrijske populacije. Upitnik ispunjavaju roditelji s obzirom na to u kolikoj se mjeri određena tvrdnja odnosi na njihovo dijete. Prilikom konstruiranja pVHI najprije su isključene one izjave koje nisu povezane s populacijom djece (npr. čestice vezane uz posao i zaradu). Istraživanje Zur i sur. (2007) je pokazalo da postoji visoka korelacija između pVHI i VHI što dokazuje da se pVHI kod djece može koristiti za procjenu utjecaja disfonije s jednakom valjanošću kao i VHI kod odraslih.

sVHI je namijenjen za procjenu utjecaja poremećaja glasa na fizičku, emocionalnu, socijalnu i ekonomsku domenu života kod pjevača. Istraživanje Rosen i Murry (2000) pokazalo je da pjevači postižu niže rezultate na VHI od osoba koje nisu te profesije, a kao mogući razlog

navode nedovoljnu osjetljivost VHI na promjene u glasu kod pjevača, odnosno da VHI ne prepoznaje glasovna ograničenja koja su rezultat pjevanja. Pritom neke teškoće s glasom koje imaju pjevači mogu ostati neprepoznate (prema Cohen, 2007). Iz toga je proizašla potreba za formiranjem inačice upitnika VHI koja će biti prilagođena pjevačima. Nakon 81 čestice koliko je imala preliminarna verzija upitnika, kasnijim revidiranjem napravljena je konačna verzija sVHI koja sadrži 36 čestica, a one su temeljene na simptomima o kojima su pacijenti najčešće izvještavali tijekom procjene u klinikama (Cohen i sur., 2007).

Konstruiranjem VHI-10 dodatno je smanjeno vrijeme provedbe upitnika tako da osoba više ne vrednuje 30 čestica, već njih 10 za koje se pokazalo da su najobuhvatnije, a da pritom valjanost nije narušena. Clark i sur. (2004) potvrdili su valjanost ovog upitnika na 819 ispitanika s različitim poremećajima glasa pri čemu se pokazalo da VHI-10 vjerno odražava i kvantificira teškoće vokalne produkcije kao i VHI.

### **1.3.1.3. Voice Activity and Participation Profile (VAPP)**

Ma i Yiu (2001) razvili su alat za procjenu koji na temelju 28 čestica procjenjuje ispitanikovu percepciju problema s glasom, ograničenja aktivnosti i ograničenja sudjelovanja. Čestice su raspoređene u 5 grupa – samoprocjena težine glasovnih problema, utjecaj na posao, svakodnevnu komunikaciju, socijalnu komunikaciju i na emocije. Bodovanje ovog upitnika zahtijeva bodovanje svakog dijela posebno (A), a zbrajanje svih dijelova daje ukupni rezultat (B). Nadalje, zbroj rezultata na česticama posao, svakodnevna i socijalna komunikacija daju dva dodatna rezultata (C) – ograničenja aktivnosti, ALS (zbroj prvih pitanja u podskalama) i ograničenja sudjelovanja, PRS (zbroj drugih pitanja u podskalama). Zbroj ALS i PRS daju ukupni rezultat (D, E). Usporedbom 40 ispitanika eksperimentalne i 40 kontrolne skupine autori su došli do spoznaje da su ispitanici s poremećajima glasa statistički značajno više izvještavali o teškoćama s glasom, svakodnevnim ograničenjima u glasovnim aktivnostima i socijalnoj participaciji. Također, u ovom istraživanju pronađena je visoka korelacija s VHI upitnikom, ali slaba korelacija s perceptivnom (GRBAS skala) i akustičkom procjenom (varijacije frekvencije, HNR i shimmer). Takvi rezultati dovode do konstatacije da se objektivno određena težina disfonije ne mora nužno u istoj jačini projicirati na pacijentovu kvalitetu života.

#### **1.3.1.4. Skala vokalnih simptoma (Voice Symptome Scale – VOISS)**

Na temelju izvještaja pacijenata o glasovnim simptomima, Deary i sur. (2003) su konstruirali instrument za procjenu osnovne dijagnoze i napretka tijekom terapije. Razvoj ovog upitnika podijeljen je u tri faze. U prvoj su izdvojeni najčešći simptomi poremećaja glasa, u drugoj su se analizirale ispitne čestice i određivala se njihova mogućnost prepoznavanja oštećenja vezanih uz glas i u trećoj fazi izdvojene su 44 čestice koje čine upitnik, a kasnije je taj broj smanjen na 30 čestica. Primjena ovog upitnika je pokazala da je dovoljno osjetljiv i da vjerno odražava pacijentove probleme u području komunikacije, fizičkih simptoma i emocija koje se vežu uz glasovne probleme.

#### **1.3.2. Perceptivna procjena**

Perceptivna procjena ne zahtijeva posebne instrumente, već se informacije o glasu dobivaju senzoričkim putevima, u prvom redu sluhom, ali i vizualnim i taktilnim osjetilima, te one ovise o individualnom doživljaju nečije glasovne produkcije.

Glavni nedostatak koji se veže uz ovaj vid procjene je razilaženje kliničara u određivanju stupnja disfonije. Kreiman i Gerratt (2007; prema Mehta i Hillman, 2008) su u svom istraživanju koristili sintetizirane uzorke fonacije vokala na temelju kojih su željeli kvantificirati i identificirati izvore neslaganja među procjenjivačima. Na kraju su izdvojili varijaciju od 84% u procjeni i četiri faktora koja se smatraju ključnima za nepodudaranje rezultata procjene (istih ispitivača kroz više mjerenja i različitih ispitivača u jednom mjerenju), a to su: manjak unutarnje stabilnosti pri procjeni istog perceptivnog svojstva glasa, nemogućnost izdvajanja pojedinih značajki unutar glasa koji je multidimenzionalna pojava, problem raspoznavanja i razlikovanja sitnih pojedinosti u korištenoj ljestvici, te neslaganje oko amplituda, odnosno granica svake pojedine karakteristike. Navedeni faktori narušavaju valjanost i pouzdanost perceptivne procjene, a posljedično dovode do nemogućnosti usporedbe rezultata terapije, kako kod individualnog, tako i kod grupnog praćenja.

Nadalje, kliničareva prosudba pacijentove glasovne izvedbe često nije dovoljno osjetljiva na male, ali značajne promjene u kvaliteti na temelju kojih bi se moglo zaključivati o pozitivnim, odnosno negativnim promjenama u glasovnim karakteristikama tijekom terapije (Awan, 2001).

Za evaluiranje glasovnih mogućnosti koriste se fonacija i govor, no govor se smatra pouzdanijim za procjenu patoloških promjena u glasu. Kao razlog tome, Bele (2004) navodi



varijacije vokalnih karakteristika koje u fonaciji ne mogu doći do izražaja pa se u takvoj procjeni umanjuje težina glasovnog stanja.

Unatoč postojanju određenih nedostataka i mogućnosti primjene drugih, sofisticiranijih mjera procjene, perceptivna procjena smatra se zlatnim standardom ponajprije zbog toga što kvalitetu trenutačno perceptivno procjenjujemo kad čujemo nečiji glas. Drugim riječima, budući da je glas perceptivni fenomen, auditivna procjena nosi veći intuitivni značaj i u konačnici veće slaganje među stručnjacima, a uz to, i komunikacija s pacijentima je zbog korištene terminologije olakšana (Oates, 2009). Primjerice, pacijent će lakše razumjeti opis glasa kao šumnog, grubog i sl., nego interpretaciju vokalnog statusa pomoću nekog od akustičkih parametara.

### **1.3.2.1. Upitnici za perceptivnu procjenu glasa**

Formalna perceptivna procjena podrazumijeva primjenu standardnih protokola koji na sistematičan način opisuju i kvantificiraju glasovne teškoće. Iako postoji više protokola koji se danas primjenjuju u praksi, primjena bilo kojeg od njih samostalno nije dostatna za preciznu procjenu poremećaja glasa. Oni najčešći su: GRBAS, CAPE-V, Buffalo profil glasa (Buffalo voice profile – BVP) i Shema analize vokalnog profila (Vocal Profile Analysis Scheme – VPA).

### **1.3.2.2. GRBAS**

**GRBAS** je jedna od najčešće primjenjivanih i internacionalno prihvaćenih ljestvica standardiziranih za perceptivnu procjenu glasa. Fonijatri i logopedi je rutinski koriste u procjeni i praćenju napretka tijekom terapije. GRBAS je zapravo akronim 5 riječi koje označavaju različite vokalne karakteristike te održavaju multidimenzionalnu prirodu glasa, a to su: „grade“ (G) koja se odnosi na ukupnu kvalitetu glasa, R predstavlja *roughness*, odnosno hrapavost, B se odnosi *breathiness*, tj. šumnost, A (*asthenia*) označava slabost u glasu, dok S stoji za *strain* ili napetost (Dejonckere, 2010). Svaki od navedenih parametara boduje se na skali od 0 – 3, gdje 0 označava normalan, zdrav glas, 1 glas koji ukazuje na blago odstupanje, 2 opisuje umjereno poremećen glas i 3 ukazuje na tešku devijantnost glasa. Iz navedenog proizlazi da je skala procjene težine disfonije ordinalna s veličinama od kojih svaka sljedeća označava povećanje ozbiljnosti vokalne patologije (Kreiman i sur, 1993; prema Karnel i sur. 2006). Saenz-Lechon i sur. (2014) navode da se kvaliteta glasa najčešće procjenjuje u konverzaciji,

iako se može procjenjivati kroz fonaciju, međutim tada se težina disfonije percipira u blažem obliku.

Kao i kod drugih subjektivnih mjera procjene, pretpostavka je da GRBAS skala također podliježe problemu uvježbanosti ispitivača pri procjeni. S ciljem provjere te teze De Bodt i sur. (1997) su u svom istraživanju formirali dvije grupe, odnosno grupu iskusnih i grupu netreniranih procjenjivača u koje su bili uključeni ORL specijalisti i logopedi. Svi ispitanici su bodovali 9 govornih uzoraka u 2 mjerenja u razmaku od 14 dana. Unatoč suprotnim očekivanjima, rezultati istraživanja pokazali su da, bez obzira na iskustvo i profesiju, ispitanici slično procjenjuju kvalitetu glasa. Unatoč ne postojanju značajnih razlika, pokazalo se da profesija ima veći utjecaj na procjenu od iskustva. Tako logopedi s većom pouzdanošću procjenjuju parametre šumnost i hrapavost. Također, u ovom istraživanju test-retest metodom potvrđena je umjerena pouzdanost ljestvice u globalu. Primijećeno je i da parametar G pokazuje najmanje varijabilnosti kroz mjerenja, odnosno da procjenjivači u njegovoj procjeni postižu najveće slaganje, dok parametar S ima nižu test-retest pouzdanost.

### **1.3.2.3. Konsenzus auditivno-perceptivne procjene glasa (The Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice, CAPE-V)**

CAPE-V služi za auditivno-perceptivnu procjenu glasa, a koristi se s ciljem opisa težine glasovnih simptoma te odluke o potrebi daljnjeg testiranja. Povod njegovom konstruiranju je nužnost standardizacije smjernica za perceptivnu procjenu koje počivaju na teoriji i činjenicama iz područja psihoakustike, psihometrije i glasovne percepcije. Konsenzus mora zadovoljavati sljedeća svojstva: minimalni set perceptivnih karakteristika mora odražavati klinički značajne promjene, primjena i rezultati moraju biti svrhoviti i osjetljivi za različite dijagnoze i konsenzus mora biti pouzdan u procjeni. Ovaj vizualno-analogni mjerni instrument se sastoji od 6 podskala – opća jakost, hrapavost, šumnost, napetost, visina i glasnoća. Procjenjivači evaluiraju glas na temelju fonacije i produkcije govora.

## **1.4. Objektivna procjena**

Krajem prve polovice 20. stoljeća, iz Bellovih laboratorija razvila se tvrtka KAY Electric Co koja je u početku primarno bila usmjerena na konstruiranje elektroničkih mjernih instrumenata koji su primjenu pronalazili u industriji, vojsci i istraživačkim centrima. Nešto

kasnije, 1951. godine predstavljen je spektrograf (*Sona-Graph*) koji vizualizira varijacije frekvencije, tj. raspodjelu akustičke energije u jedinici vremena. Vrlo brzo se ovaj analitički alat proširio na različita područja poput glazbe, nautike, seizmologije, logopedije... (<http://www.foni.mef.hr/Prirucnik/Skripta.htm>). U području logopedije, stručnjaci koriste akustičku analizu kako bi procijenili glasovnu produkciju, budući da prisutnost vokalne patologije mijenja vrijednosti parametara izoliranih iz brojnih dimenzija glasa. Prednosti snimanja glasovnog uzorka i njegove kasnije analize, svakako su neinvazivnost u odnosu na endoskopske pretrage kao i objektivnost u odnosu na perceptivnu procjenu, budući da se rezultati uspoređuju s unaprijed poznatim normativnim vrijednostima.

### **1.4.1. Programi za akustičku analizu**

Danas se akustički programi svakodnevno primjenjuju u logopedskom radu s poremećajima glasa. Primarno služe za vizualizaciju i analizu snimljenog zvuka, tj. onih osobitosti glasa koje nisu uočljive auditivno, a upućuju na glasovnu patologiju.

#### **1.4.2.1. Praat**

1992. godine na Institutu za fonetiku Sveučilišta u Amsterdamu Paul Boersma i David Weenink počeli su razvijati Praat koji se kroz godine zbog brojnih opcija obrade zvuka nametnuo kao jedan od najobuhvatnijih programa za fonetsku analizu. On omogućuje jednostavniju i bržu analizu, sintetiziranje i manipulaciju različitim segmentima govora. Očitanjem zvuka u ovom programu dobije se detaljan uvid u njegove karakteristike koje su predstavljene dvama „prozorima“. Jedan prikazuje valni oblik zvuka (oscilogram), a drugi spektrogram, konture visine i formante. Također, ovaj program omogućuje vremensku segmentaciju, zumiranje i notaciju zvučnog isječka. Opcije sinteze govora omogućuju generiranje složenijih zvukova od onih jednostavnijih, dok opcije manipulacije zvuka omogućuju modifikaciju željenih akustičkih parametara.

### **1.4.3. Akustičke karakteristike glasa**

Teixeira i Fernandes (2013) navode da se danas u kliničkoj praksi najčešće analiziraju sljedeći parametri: fundamentalna frekvencija ( $F_0$ ), *jitter*, shimmer i omjer signal-šum (HNR).

#### 1.4.3.1. Fundamentalna frekvencija ( $F_0$ )

Visina glasa perceptivna je karakteristika fundamentalne frekvencije.  $F_0$  se izražava u hercima (Hz) što u području vokologije označava broj vibracija glasnica u jedinici vremena. Neki autori su mišljenja da visina glasa koja ne odgovara spolu i dobi osobe doprinosi razvoju i trajanju problema s glasom (Cooper, 1974 i Koufman i Blalock, 1988; prema Roy i Tasko, 1994). Dakle,  $F_0$  ima optimalan raspon vrijednosti s obzirom na spol i dob, a više ili niže vrijednosti ukazuju na mogućnost vokalnih teškoća.

Fundamentalna frekvencija muških glasova kreće se u intervalu od 100 – 150 Hz, a ženskih od 180 – 250 Hz (Hollien, Dew i Phillips, 1971; prema Colton, Casper i Leonard, 2006). Kod novorođenčadi  $F_0$  može iznositi čak 500 Hz, ali se s dobi smanjuje.

U istraživanju Harries i sur. (1998) pokazalo se da tijekom puberteta kod dječaka dolazi do produljenja glasnica, ali ne i do povećanja visine što je očekivano s obzirom na mehanizam rada vokalnog aparata, već upravo suprotno. Pitanje koje se postavlja je zašto dolazi do smanjenja  $F_0$ ? Naime, maturacija ne podrazumijeva samo elongaciju glasnica, nego i promjene u unutarnjoj strukturi glasnica, kapacitetu pluća, veličini vokalnog trakta... S obzirom na te fizičke promjene, autori iznose zaključak da snižena  $F_0$  nije direktna posljedica produženja glasnica, već međudjelovanje svih novonastalih promjena dovodi do dubljeg glasa.

Uz spol i dob,  $F_0$  se mijenja ovisno o raspoloženju osobe, dobi dana i profesiji.

#### 1.4.3.2. *Jitter* i *shimmer*

*Jitter* i *shimmer* se odnose na nepravilnosti u titranju glasnica. Ukoliko se radi o nepravilnosti u brzini titranja, onda je riječ i *jitteru*. Ako su mikro varijacije vezane uz amplitudu titraja, onda govorimo o *shimmeru*. Perturbacije se povremeno javljaju u glasu i određena su prihvatljiva odstupanja koja za *jitter* iznose do 1%, a za *shimmer* do 0,35 dB (<http://www.erf.unizg.hr/docs/skripte/ERF-FizioloskaAkustika-2012-Hedjever.pdf>). Više vrijednosti ovih parametara, tj. značajno aperiodično gibanje glasnica ukazuje na patološke promjene koje mogu biti posljedica izraslina na glasnicama, problema u motoričkoj kontroli i funkciji mišića (Colton, Casper i Leonard, 2006).

### 1.4.3.3. Omjer signal-šum (HNR)

Omjer signal-šum kvantificira u kojoj mjeri šum narušava kvalitetu glasa s obzirom na odnos razine šuma i harmonijskog dijela spektra. Što je u glasu više šuma, odnosno što je omjer manji, kvaliteta glasa je lošija. Urednim se smatra omjer između 10 i 12 dB, dok vrijednosti ispod 10 dB ukazuju na poremećaj glasa (<http://www.erf.unizg.hr/docs/skripte/ERF-FizioloskaAkustika-2012-Hedjever.pdf>). Promuklost je termin kojim se opisuju percipirane nepravilnosti u glasu, međutim takva procjena je subjektivna zbog čega su Yumoto i Gould (1982) krenuli u konstruiranje HNR omjera kao objektivne i kvantitativne mjere stupnja promuklosti. Najprije su stručnjaci perceptivno vrednovali spektrograme, tj. procjenjivali su količinu šuma u odnosu na harmonike na skali od 0 do 4, a zatim su na istim uzorcima kompjuterski određivani HNR omjeri. Na kraju je utvrđeno da postoji visoka korelacija računalno izračunatog HNR omjera i subjektivne procjene ( $r = 0,849$ ) što omogućuje bržu primjenu i objektivnu procjenu.

### 1.4.4. Indeks jakosti disfonije (Dysphonia severity index – DSI)

Indeks jakosti disfonije je višeparametrijski mjerni instrument koji odražava višedimenzionalnu prirodu glasa i predstavlja objektivnu i kvantitativnu mjeru glasovne produkcije.

Podaci koji su bili potrebni za razvoj DSI izdvojeni su iz *Belgian Study Group on Voice Disorders*, baze koja sadržava informacije o svim pacijentima koji su klinički procjenjivani u periodu od 16 mjeseci u više sveučilišnih i glasovnih centara u Belgiji. Wuyts i sur. (2000) su iz te baze izdvojili podatke 319 odraslih osoba u dobi od 18 – 80 godina koji su činili eksperimentalnu grupu i 68 odraslih osoba bez poremećaja glasa koji su činili kontrolnu skupinu. Procjena je uključivala povijest problema s glasom, stroboskopiju, perceptivnu procjenu, akustičku analizu, raspon glasa, aerodinamička mjerenja i samoprocjenu. Od mnoštva parametara multivarijatnom analizom izdvojena su samo 4 kao relevantna za valjanu objektivnu procjenu, a to su: najviša frekvencija ( $F_0$ -High u Hz), najniži intenzitet (I-low u dB), *jitter* (%) i maksimalno vrijeme fonacije (MPT u s).

Kako bi se potvrdila subjektivna procjena i kako bi se olakšala komunikacija među kliničarima, sve se više stremi oblikovanju mjera procjene koje će objektivno odražavati percipiranu kvalitetu glasa. Dakle, primarni cilj jest usuglašavanje perceptivnih i objektivnih mjera. Iako je svaki od parametara DSI zasebno jasan indikator poremećaja glasa ako odstupa

od referentne vrijednosti, istraživanja su pokazala da veći broj objektivnih parametara bolje korelira s perceptivnom procjenom nego samo jedan izolirani parametar (Wuyts i sur., 2000). Jedna od takvih višeparametrijskih mjera je DSI. Nakon što je konstruiran, trebalo je provjeriti njegove metrijske karakteristike. Jake korelacije DSI s drugim instrumentarijem koji procjenjuje isti faktor, tj. težinu disfonije trebale bi potvrditi njegovu kriterijsku valjanost (Wuyts i sur., 2000). Tako se krenulo u daljnja istraživanja podudarnosti Indeksa jakosti disfonije i drugih mjernih instrumenata.

Istraživanje Wuyts i sur. (2000) u grupi od 40 pacijenta potvrdilo je postojanje visoke korelacije ( $r = 0,996$ ) između DSI i ukupne kvalitete glasa (G) na GRBAS skali. Isti autori potvrdili su dobro slaganje DSI i VHI upitnika.

Cilj istraživanja Uloze i sur. (2018) bio je usporediti mogućnost diferencijacije zdravih i patološki promijenjenih glasova pomoću DSI i AVQI. Svi ispitanici procijenjeni su subjektivno i objektivno. Statistička analiza potvrdila je pretpostavljenu dobru preciznost obje mjere u odvajanju glasova koji su prethodno procijenjeni kao perceptivno uredni ili disfonični što daje potvrdu valjanosti ovim instrumentima procjene.

U istraživanju Hummel i sur. (2010) uz ispitivanje utjecaja spola i etiologije poremećaja na rezultat DSI, cilj je bio utvrditi povezanost DSI i samopercepcije na V-RQOL upitniku. Uzorak je činilo 86 ispitanika u dobi od 16-79 godina. Ispitanici su bili podijeljeni u podgrupe prema spolu i vrsti poremećaja glasa (46 s funkcionalnim i 40 s organskim poremećajem glasa). Svi ispitanici ispunili su njemačku verziju V-RQOL upitnika i svakoj osobi je izračunan DSI. Rezultati istraživanja su pokazali da na V-RQOL upitniku nije bilo spolnih razlika, dok su na DSI muškarci imali statistički značajno lošiji rezultat, te da su ispitanici s organskom disfonijom imali statistički značajno niže postignuće na obje mjere. Također, korelacija između DSI i samoprocjene nije statistički značajna što autore navodi na zaključak da samoprocjena ne odražava objektivno stanje glasovnih teškoća te da se radi o neovisnim procjenama zbog čega obje zahtijevaju primjenu u kliničkoj praksi.

Nadalje, cilj istraživanja Hakkesteegt i sur. (2008) bio je usporediti rezultate DSI i težinu poremećaja glasa na GRBAS skali te utvrditi mogućnost diferencijacije osoba s i bez poremećaja glasa s obzirom na rezultat DSI. Istraživanje je obuhvaćalo 294 pacijenata s poremećajima glasa, dok je kontrolnu skupinu činilo 118 osoba bez povijesti vokalne patologije. Svaki pacijent bio je perceptivno procijenjen na G parametru GRBAS skale tijekom spontanog govora i čitanja kratkog teksta. Na skali od 0 – 3 glas većine pacijenata procijenjen je kao blago ili umjereno poremećen, međutim neki od ispitanika imali su perceptivno uredan glas ( $G = 0$ ). To su moguće ispitanici koji nisu imali disfoniju, ali su imali, npr. vokalni zamor

zbog prirode posla koji obavljaju i sl. Procjenjivači ni jednom ispitaniku nisu dodijelili 3 na GRBAS skali što je povezano s njihovim unutarnjim standardom koji je temeljen na patologiji s kojom se svakodnevno susreću u praksi. Poremećaj glasa utvrđen je direktnom i indirektnom laringoskopijom, a dijagnoze su raspoređene u 3 grupe – neorganska disfonija, prisutnost/formiranje patološkog tkiva na glasovnom aparatu i pareza/paraliza. U kontrolnoj grupi svim ispitanicima pridodana je vrijednost 0 na GRBAS skali. Također, svim sudionicima istraživanja izračunan je Indeks jakosti disfonije. Statističkom analizom potvrđena je značajna razlika u rezultatima DSI između ove dvije grupe što je potvrdilo njegovu valjanost. Također, pokazalo se da su pacijenti s funkcionalnim poremećajima imali značajno viši prosječni rezultat DSI i shodno tome niži G parametar. Unutar skupine s organskim poremećajima, pacijenti s dijagnozom paralize/pareze imali su niži DSI u odnosu na pacijente s patološkim tvorbama na glasicama što je objašnjeno postojanjem značajnijeg nepotpunog glotalnog zatvaranja kod paralize/pareze. Međutim, na perceptivnoj procjeni nisu zabilježene razlike između te dvije skupine. Niže vrijednosti DSI vezane su uz više rezultate na perceptivnoj procjeni i obratno, što je povezano sa samom konstrukcijom DSI koja se temelji upravo na GRBAS skali. Autori također ističu da su oni pacijenti čiji je G iznosio 0 imali značajno niži DSI od kontrolne grupe što navodi na zaključak da je DSI precizniji u izdvajanju osoba s lošijom kvalitetom glasa. Dakle, velika je vjerojatnost da pacijenti imaju uredan, auditivno zadovoljavajući glas, ali da ipak postoje pojedinci u glasu koje narušavaju njegovu kvalitetu, a nisu nužno perceptivno uočljive.

Budući da se ovaj instrument primjenjuje, ne samo s ciljem procjene, već i s ciljem utvrđivanja napretka kroz terapiju, nužno je ispitati njegovu pouzdanost, tj. kakva je njegova preciznost i konzistentnost mjerenja.

Ispitivanje test-retest pouzdanosti i slaganja između različitih procjenjivača bio je cilj istraživanja Hakkesteege i sur. (2008) u kojem je ispitano 30 odraslih osoba bez poremećaja glasa što je i potvrđeno primjenom GRBAS skale na kojoj su svi ispitanici imali perceptivno normalan glas. Mjerenja su provodila 2 logopeda u 3 vremenske točke s razmakom od približno tjedan dana. Na temelju dužine trajanja fonacije vokala /a/, fonaciji što nižeg intenziteta, varijacija u visini fonacije i fonacije vokala /a/ u trajanju od 3 sekunde izdvojene su vrijednosti potrebnih parametara te je izračunan Indeks jakosti disfonije za svakog ispitanika. Rezultati istraživanja su pokazali da je značajan broj ispitanika imao veći DSI u trećem mjerenju što istraživači pripisuju „efektu uvježbavanja“. Pretpostavka je da bi taj efekt možda bio manji ili bi čak u potpunosti nestao da su intervali između mjerenja duži, međutim time bi se povećala vjerojatnost da promjene nekih individualnih okolnosti ispitanika utječu na njihovu kvalitetu

glasa. Nadalje, utvrđeno je da razlike među ispitivačima nisu statistički značajne što je klinički važno jer je tako osigurano da se mjerenja provode jednako na svim pacijentima. Drugim riječima, ovaj podatak je potvrda da rezultati odražavaju stvarne teškoće pacijenata, odnosno da nisu pod utjecajem procjenjivača ili okolnosti ispitivanja. Uz navedeno, izračunan je koeficijent korelacije ( $r = 0,79$ ) koji ukazuje na srednje jaku povezanost rezultata DSI kod svih ispitanika u odnosu na različite točke mjerenja. Također, pokazalo se da standardna pogreška mjerenja iznosi 1,27 iz čega proizlazi da je razlika u rezultatima DSI između dva mjerenja kod istog ispitanika značajna ako iznosi 2,49 ili više. 2,49 predstavlja dosta veliku razliku što upućuje na to da suptilne razlike u kvaliteti glasa možda ne bi bile primijećene, zbog čega autori naglašavaju daljnju potrebu istraživanja kliničke primjene ovog Indeksa.

Shaheen i sur. (2012) proveli su istraživanje s istim ciljem samo na nešto većem broju ispitanika, točnije njih 49. S obzirom na vremenske razmake u mjerenjima, dobiveni koeficijenti korelacije ( $r = 0,80$  i  $0,79$ ) na parametrima najviša frekvencija ( $F_0$ -High) i maksimalno vrijeme fonacije (MPT) ukazuju na umjerenu do jaku test-retest pouzdanost. Drugim riječima, ovi parametri su stabilni kroz vrijeme, dok se kod parametara *jitter* ( $r = 0,61$ ) i *najniži intenzitet* ( $r = 0,45$ ) mogu očekivati veće varijabilnosti. Za razliku od istraživanja Hakkesteegt i sur. (2008), u ovom istraživanju dobiveni su prosječno niži rezultati DSI i nešto niža test-retest pouzdanost ( $r = 0,72$ ). Također, nije se pokazalo da postoji tendencija povećanja vrijednosti na Indeksu jakosti disfonije, već upravo suprotno, da postoji sklonost laganog pada kroz vrijeme, iako taj pad nije statistički značajan. Autori dobivene razlike pripisuju većem uzorku ispitanika, kao i različitim uputama za fonaciju, pa se smatra da bi se usklađivanjem metodologije dobili slični rezultati.

Cilj istraživanja kojeg su proveli Henry i sur. (2009) bio je odrediti raspon kvantificiranih promjena koje se mogu očekivati nakon odstranjenja štitnjače i može li se DSI koristiti kao mjera za predviđanje glasovnih teškoća nakon tireoidektomije. Tako je provedeno istraživanje na 62 pacijenta kod kojih je najprije indicirana, a onda i izvedena tireoidektomija. Svi pacijenti procjenjivani su tri puta – prije zahvata, 1 - 4 tjedna i 6 mjeseci nakon operacije. Procjena je uključivala: akustička mjerenja, endoskopski pregled, perceptivnu procjenu (CAPE-V) i samoprocjenu (VHI). Na temelju provedenih pretraga i procjena pacijenti su podijeljeni u dvije grupe – s i bez poremećaja glasa. U zadnjem mjerenju izdvojeno je 8 ispitanika s poremećajem glasa koji je dijagnosticiran na temelju objektivne (kod 2 ispitanika) i subjektivne procjene (kod 6 ispitanika). Usporedbom rezultata DSI u prvom i posljednjem mjerenju značajne razlike unutar skupine s poremećajima glasa pronađene na varijablama spol, pušenje i dob. Dakle, mlađe ženske osobe nepušači imale su viši DSI u prvoj i trećoj točki mjerenja, odnosno općenito



bolju kvalitetu glasa, međutim stupanj promjene koji se dogodio u navedenom periodu nije se razlikovao između tih i ostalih ispitanika. U obje grupe utvrđena je statistički značajna razlika u rezultatu DSI prije i u prvom mjerenju nakon operacije. U odnosu na ispitanike koji nisu imali vokalne teškoće, rezultat DSI ispitanika s poremećajem glasa je bio niži i s većom razlikom između prva dva mjerenja. Također, rezultati su pokazali da su razlike u DSI između preoperativnog i prvog postoperativnog mjerenja visoko prediktivne za rezultat 6 mjeseci nakon tireoidektomije.

Gopkishore i Pushpavathi (2017) u svom su istraživanju pratili osobe s poremećajem glasa koje su bile uključene u terapiju te su dokazali da se vrijednosti DSI statistički značajno povećavaju kako terapija odmiče. Takav rezultat upućuje na mogućnost korištenja DSI kao pouzdane mjere praćenja napretka kroz terapiju.

Prije uvođenja Indeksa jakosti disfonije u primjenu Wuyts i sur. (2000) su istaknuli da se vrijednosti DSI ne razlikuju značajno s obzirom na dob i spol. Međutim, kasnija istraživanja su pokazala da postoje određene razlike na tim varijablama, ali su one objašnjene metodološkim nedostacima.

Istraživanje Hakkesteegt i sur. (2006) koje je provedeno na 118 ispitanika pokazalo je da primjenom DSI postoje statistički značajne razlike u parametrima *fundamentalna frekvencija* ( $F_0$ ) i *maksimalno vrijeme fonacije* (MPT) s obzirom na spol. Ono što treba naglasiti jest da je kod žena fundamentalna frekvencija viša i maksimalno vrijeme fonacije kraće, dok je kod muškaraca obratno. Upravo zbog navedenih parametara koji objektivno diferenciraju muške i ženske glasove, čini se nevjerojatnim da spol ne utječe na rezultat DSI. Međutim, Wuyts i sur. (2000) navode da se ti parametri koji su suprotnih vrijednosti poništavaju i tako eliminiraju utjecaj spola. S druge strane, istraživanja Henry i sur. (2009) i Hummel i sur. (2010) pokazala su da muškarci postižu statistički značajno niže rezultate na DSI što dovodi u pitanje točnost tvrdnje o neutralnosti spola. Brockerman i sur. (2008; prema Henry i sur, 2009) dali su moguće objašnjenje takvog rezultata. Naime, oni navode da u istraživanju glasnoća nije bila kontrolirana. Drugim riječima, ispitanici su dobili uputu da foniraju na njima normalnoj, ugodnoj razini, ali navode da ispitanici tada obično produciraju zvuk nižeg intenziteta od uobičajenog. Što je fonacija tiša, posljedično se *jitter* povećava, a shodno tome DSI pokazuje snižene vrijednosti. Drugi pretpostavljeni razlog leži u jednoj životnoj navici ispitanika, točnije pušenju koju već i Wuyts i sur. (1997) navode kao jednu od najosjetljivijih varijabli za disfoniju pa se vjeruje da je to značajan faktor koji pridonosi lošijem rezultatu muške populacije.

Nadalje, poznato je da dob utječe na karakteristike glasa, najviše u vidu tremora, slabog i šumnog glasa. Tako su Hakkesteegt i sur. (2006) u svom radu htjeli ispitati postoje li razlike

u rezultatima na DSI s obzirom na dob te su iznijeli zaključak da najviša frekvencija starenjem značajno opada kod oba spola što dovode u vezu sa smanjenjem elasticiteta glasnica. Suprotno najvišoj frekvenciji koja opada, najniži intenzitet s porastom dobi bilježi povećanje, ali samo kod žena. Autori smatraju da kod muškaraca zbog mogućeg nedovoljnog priljublivanja glasnica te propuštanja zraka kroz glotis pri fonaciji ne dolazi do povećanja intenziteta.

U većini dosad provedenih istraživanjima ispitanici su bili Europljani. Zbog drugačije fizičke građe, tj. razlika tjelesnoj visini, a onda i u veličini vokalnog trakta, duljini glasnica i kapacitetu pluća, Jayakumar i Savithri (2010) pretpostavili su da bi mogle postojati značajne razlike na DSI između ispitanika različitih etničkih skupina. Istraživanje je bilo provedeno na 120 Indijaca bez poremećaja glasa prosječne starosti 21,8 godina. Statistička analiza njihovih rezultata potvrdila je postojanje značajno nižih rezultata na parametru najduže vrijeme fonacije (MPT), dok su na parametru najviša frekvencija (F<sub>0</sub>-High) ostvarivali više rezultate. Ove razlike u parametrima direktno utječu na rezultat DSI koji je značajno niži kod Indijaca. Iako je ovo istraživanje provedeno na uzorku ispitanika s urednim glasovnim mogućnostima, dobra valjanost ovog instrumenta daje mogućnost transferiranja ovih zaključaka i na populaciju s poremećajima glasa. Zbog toga autori naglašavaju utjecaj geografskih i etničkih varijacija na dijagnostiku poremećaja glasa te sugeriraju određivanje normi za različite etničke grupe.

Također, normativne vrijednosti moraju postojati za vokalne profesionalce kao i za djecu. U istraživanju Awan i Ensslen (2009) vokalni profesionalci su pokazali bolji rezultat na ukupnom DSI, odnosno opećenito bolje glasovne mogućnosti u odnosu na ne pjevače. Uspoređujući pojedinačne parametre rezultati su se razlikovali na F<sub>0</sub>-High, I-Low i *jitteru* (što je moguće rezultat povećane fonatorne kontrole uslijed specifičnih vokalnih vježbi i tehnika), dok u maksimalnom vremenu fonacije razlike nisu zabilježene. Zato autori ističu potrebu za utvrđivanjem normi s obzirom na vokalne karakteristike zdravih pojedinaca te populacije.

Vezano za dječju populaciju, Pebbili, Kidwai i Shabnam (2015) preporučuju utvrđivanje standarda za djecu različitih dobnih skupina i spola. Njihov zaključak proizlazi iz činjenice da se anatomija vokalnog trakta u dječjoj dobi brzo razvija, te je taj proces različit između dječaka i djevojčica, a to utječe na karakteristike glasa zbog čega se referentne vrijednosti parametara u kratkim vremenskim intervalima značajno razlikuju.

## **2. CILJ ISTRAŽIVANJA**

### **2.1. Cilj istraživanja**

Cilj ovog diplomskog rada bio je ispitati postoje li razlike na Indeksu jakosti disfonije kod osoba s poremećajima glasa različite etiologije te usporediti rezultate s osobama bez poremećaja glasa.

### **2.2. Problem istraživanja**

Ovim diplomskim radom dat će se odgovor na problemska pitanja:

Postoje li razlike u rezultatima na Indeksu jakosti disfonije između osoba s dijagnozom poremećaja glasa i osoba bez poremećaja glasa?

Postoje li razlike između osoba s različitim dijagnozama poremećaja glasa?

### **2.3. Pretpostavka istraživanja**

U skladu s postavljenim ciljem i problemom istraživanja ovoga diplomskog rada postavljene su sljedeće pretpostavke istraživanja:

H1: Postoji statistički značajna razlika u rezultatima DSI između skupine ispitanika s poremećajem glasa i ispitanika bez poremećaja glasa.

H2: Postoji statistički značajna razlika u rezultatima DSI između skupine ispitanika s funkcionalnim i organskim poremećajem glasa.

### 3. METODE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Uzorak

U istraživanje je bila uključena 31 osoba, od kojih je njih 20 činilo skupinu ispitanika s poremećajima glasa, a preostalih 11 kontrolnu grupu. Ispitanici s poremećajem glasa snimani su u dva Klinička bolnička centra u Zagrebu. Prosječna dob pacijenata iznosila je 46,75 godina (Tablica 1), dok je prosječna dob ispitanika u kontrolnoj skupini iznosila 47,45 godina (Tablica 3). U skupini ispitanika s poremećajima glasa bilo je 17 žena i 3 muškarca (Tablica 2), a u skupini bez poremećaja glasa 8 žena i 3 muškarca (Tablica 4). Prije snimanja svi ispitanici s poremećajima glasa prethodno su pregledani u fonijatrijskoj ambulanti. Pacijenti s dijagnozom karcinoma isključeni su iz istraživanja jer primarni oblik liječenja uključuje kemoterapiju za koju je dokazano da značajno utječe na vrijednosti akustičkih parametara u vidu povećanja *jittera*, *shimmera* i HNR-omjera, smanjenja frekvencijskog raspona, lošijih rezultata na aerodinamičkim mjerenjima i perceptivnoj procjeni. To znači da promjene u kvaliteti glasa ne mogu biti pripisane isključivo dijagnozi karcinoma, nego i negativnim posljedicama liječenja kemoterapijom (Radhakrishna i sur., 2017). Tablica 5 prikazuje sve dijagnoze i broj ispitanika s određenom dijagnozom. Na temelju postavljenih dijagnoza pacijenti su podijeljeni u dvije skupine s obzirom na uzrok poremećaja glasa (Boone i McFarlane, 2000). Dijagnozu organskih poremećaja glasa imalo je 8, a dijagnozu funkcionalnih poremećaja 12 pacijenata (Tablica 6). Valja napomenuti da u populaciji s poremećajima glasa rijetko postoje „čisti“ slučajevi, odnosno primarna dijagnoza često uzrokuje sekundarni poremećaj tako da se kronologija stanja mijenja. Na primjer, LPR se najčešće veže uz simptome pročišćavanja grla i kašljanja koji u nekom trenutku dovode do iritacije laringalnog područja, tj. nastanka crvenila i edema.

	<b>N</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>PROSJEK</b>	<b>STD. DEVIJACIJA</b>
<b>DOB</b>	20	28	59	46,75	10,062

**Tablica 1.** Deskriptivna statistika za varijablu dob u skupini ispitanika s poremećajem glasa

<b>SPOL</b>	<b>MUŠKI</b>	<b>ŽENSKI</b>
<b>N</b>	3	17
<b>%</b>	15	85

**Tablica2.** Frekvencije za varijablu spol u skupini ispitanika s poremećajem glasa

	<b>N</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>PROSJEK</b>	<b>STD. DEVIJACIJA</b>
<b>DOB</b>	12	27	58	47,45	8,017

**Tablica3.** Deskriptivna statistika za varijablu dob u skupini ispitanika bez poremećaja glasa

<b>SPOL</b>	<b>MUŠKI</b>	<b>ŽENSKI</b>
<b>N</b>	3	8
<b>%</b>	27,3	72,7

**Tablica4.** Frekvencije za varijablu spol u skupini ispitanika bez poremećaja glasa

<b>DIJAGNOZA</b>	<b>BROJ ISPITANIKA</b>
Pareza	2
Paraliza	1
Polipi	3
Vokalni noduli	2
Edem glasnica	4
GERB	3
Granulom	1
Kronični laringitis	2
Spastička disfonija	1
Funcionalni poremećaj glasa (bez lezija)	1
<b>Ukupno</b>	<b>20</b>

**Tablica5.** Frekvencije dijagnoza poremećaja glasa u skupini s poremećajem glasa

<b>ORGANSKI POREMEĆAJI GLASA</b>	<b>BROJ</b>	<b>FUNKCIONALNI POREMEĆAJI GLASA</b>	<b>BROJ</b>
Pareza	2	Vokalni noduli	2
Paraliza	1	Kronični laringitis	2
GERB / LPR	3	Edem glasnica	4
Spastična disfonija	1	Funkcionalna disfonija bez promjena na glasnicama	1
Granulom	1	Polipi	3
<b>Ukupno</b>	<b>8</b>	<b>Ukupno</b>	<b>12</b>

**Tablica6.** Vrsta poremećaja glasa u skupini ispitanika s poremećajem glasa

## 3.2. Mjerni instrumenti

### Indeks jakosti disfonije (DSI)

U ovom istraživanju korišten je Indeks jakosti disfonije – multiparametrijski mjerni instrument koji na objektivan način kvantificira stanje glasovne produkcije.

Budući da se perceptivna procjena smatra zlatnim standardom u evaluaciji, cjelokupna kvaliteta glasa koja je izražena rezultatom DSI, uz raspon glasa, akustičke i aerodinamičke karakteristike, temelji se i na ocjenama težine poremećaja, odnosno subjektivnom dojmu procjenjivača (Wuyts, 2000). Dakle, u konstruiranju DSI važnu ulogu imala je GRBAS skala koja je korištena kao referentna mjera za perceptivno različite tipove glasa. Naime, DSI je konstruiran tako da rezultat jakosti disfonije bude sukladan percipiranoj težini poremećaja određenoj G komponentom GRBAS ljestvice ([https://www.wevosys.com/knowledge/\\_data\\_knowledge/4.pdf](https://www.wevosys.com/knowledge/_data_knowledge/4.pdf)). Dakle, rezultat DSI dobiva se prema izračunu u kojem svaki od parametara različito doprinosi kvaliteti glasa, a formula glasi:  $DSI = 0,13 \times MPT (s) + 0,0053 \times F_0\text{-High (Hz)} - 0,26 \times I\text{-Low (dB)} - 1,18 \times Jitter (\%) + 12,4$  (Wuyts, 2000). Dobiveni rezultat kreće se u intervalu od -5 do +5 i što je on viši, to je kvaliteta glasa akustički i perceptivno bolja. Nadalje, rezultat +5 odgovara rezultatu 0 na GRBAS skali, DSI = 1,02 odgovara blago poremećenom glasu (G = 1), DSI = -1,4 predstavlja umjeren poremećaj glasa (G = 2), dok DSI = -5 opisuje tešku vokalnu patologiju (G = 3) (Raes i sur., 2002). Hakkesteegt i sur. (2009) navode da je u kliničkoj praksi moguće da rezultati prelaze standardni raspon (-5 do +5).

DSI, osim objektivnosti, ima i druge prednosti poput visoke osjetljivosti, jednostavne i brze primjene (Wuyts i sur., 2000). Međutim, kad kliničar pacijentu kaže rezultat, bez dodatnog pojašnjavanja osoba neće razumjeti težinu poremećaja glasa. Zato su Raes i sur. (2002), kako bi povećali praktičnu korist DSI, odlučili kvantificirani rezultat modificirati u vrijednost izraženu postotcima (DSI%). Ta modifikacija je zahtijevala određene promjene u formuli za izračun jakosti disfonije pa ona glasi:  $DSI\% = (DSI + 5) \times 10$ . Iz toga proizlazi da interval od -5 do +5 predstavlja raspon od 0% - 100%, pri čemu je lošija kvaliteta glasa predstavljena manjim postotkom i obratno (npr.  $DSI\% = (-5 + 5) \times 10 = 0\%$ ). Sljedeća stvar koju su ovi autori htjeli ustanoviti jest postotak koji označava granicu zdravog i poremećenog glasa. Budući da u DSI granicu predstavlja rezultat +1,66, uvrštavanjem te vrijednosti u formulu za DSI% dobiven je postotak 66% koji, ako pacijent postigne nižu vrijednost, izdvaja taj glas kao onaj koji je

patološki promijenjene kvalitete. S druge strane, vrijednosti od 67% na više ukazuju na perceptivno i funkcionalno uredan glas, međutim poremećaj još uvijek može biti prisutan.

### **3.3. Varijable**

S obzirom na mjerni instrument, korištene su sljedeće varijable:

**DSI** - Indeks jakosti disfonije

**MVF** – maksimalno vrijeme fonacije (u sekundama)

**I-Min** – najniži intenzitet (u dB)

**Jitt** – varijacije fundamentalne frekvencije (u %)



### 3.4. Način provedbe istraživanja

Podaci za izračun DSI kod osoba s poremećajem glasa bili su prikupljeni u bolničkim centrima na Odjelima fonijatrije KBC-a Rebro i KBC-a Sestre Milosrdnice. Pacijentima je najprije dan obrazac u kojem ih se kratko upoznaje s istraživanjem, koji im osigurava anonimnost i zaštitu podataka. Potpisivanjem navedene Izjave o suglasnosti pacijenti daju pristanak za sudjelovanje u istraživanju.

Svaki pacijent je najprije odgovorio na pitanja o dobi, dijagnozi i uključenosti u terapiju. Zatim je slijedilo snimanje njihove fonacije u tihoj prostoriji uz objašnjavanje i demonstraciju onoga što je od njih očekuje. U istraživanju je korišten TASCAM DR-05 digitalni ručni snimač koji je bio postavljen na otprilike 20-25 cm od ustiju ispitanika tijekom snimanja fonacije u sjedećem položaju. S obzirom na parametre čije vrijednosti se koriste za izračun DSI, pacijentima su dane sljedeće upute:

#### 1. Maksimalno vrijeme fonacije ( $MVF$ u s)

Pacijentima je rečeno da duboko udahnu i foniraju vokal /a/ što duže mogu na njima normalnoj, ugodnoj razini visine i glasnoće.

#### 2. Najviša frekvencija ( $F_0$ -Maks u Hz)

Pacijenti foniraju vokal /a/ od najnižeg do najvišeg tona i obratno u formi *glissanda*.

#### 3. Jitter (%)

Pacijentima se daje uputa za foniraju vokal /a/ tri puta po otprilike 5 sekundi.

#### 4. Intenzitet ( $I$ -Min u dB)

Pacijent mora fonirati vokal /a/ što tiše može, a da nije šapat.

Na isti način prikupljeni su podaci u kontrolnoj skupini.

### 3.5. Obrada podataka

Snimke su obrađene u programu Praat u kojem su izdvojeni parametri za izračun DSI. Varijabla uključenosti u terapiju izbačena je iz daljnje obrade jer su samo 3 ispitanika pohađala terapiju. Budući da su u ovom istraživanju snimke obrađivane u programu Praat, korištena je formula Maryn i sur. (2017) –  $DSI = 1,127 + (0,164 \times MPT) + (0,0053 \times F_0Max) - (0,038 \times IMin) - (5,30 \times Jitt_{ppq})$ . Statistička obrada rađena je u programu SPSS. Rezultati muških i ženskih fonacija obrađivani su skupno zbog čega je varijabla najviša frekvencija izbačena iz obrade. Najprije je rađena deskriptivna statistika rezultata na varijablama MVF, *jitter*, I-Min, te DSI u skupini s i bez poremećaja glasa. Zatim je testirana normalnost distribucije Kolmogorov-Smirnovim testom kojim se pokazalo da je za neke varijable distribucija normalna, dok za neke odstupaju od normale zbog čega je u daljnjoj statističkoj obradi korištena parametrijska statistika, odnosno neparametrijska statistika. S obzirom na dobivene značajnosti za normalnost distribucije, prilikom testiranja značajnosti razlike između skupina s poremećajem glasa i bez poremećaja glasa za varijable MVF i I-Min korišten je t-test za nezavisne uzorke, dok je za varijable DSI i *jitter* rađen neparametrijski Mann-Whitneyev U test. Isti testovi za iste varijable korišteni su i kod testiranja značajnosti razlika između funkcionalnih i organskih poremećaja glasa u skupini ispitanika s poremećajem glasa.

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Iako vrlo važan aspekt dijagnostike, subjektivna procjena ima određene nedostatke. Vođeni tom mišlju kliničari su nastojali osmisliti instrument koji je osjetljiv na male promjene u glasu i koji daje ujednačenije rezultate kako bi dijagnostika poremećaja glasa bila brža, osjetljivija i pouzdanija.

Fonatorne mogućnosti disfoničnih razlikuju se od zdravih glasova što se očituje u značajnim odstupanjima u vrijednostima akustičkih i aerodinamičkih parametara. Prosječan rezultat svih ispitanika na DSI iznosi -1,52 što ukazuje na prisutnost poremećaja glasa. Rezultat DSI varira u rasponu od najniže vrijednosti koja iznosi -10,77 do najviše koja iznosi 4,20 što ukazuje na razlike u vrsti i težini poremećaja glasa unutar promatrane skupine. Također, najniža izmjerena vrijednost iznosi -10,77 što je u skladu s nekim ranijim istraživanjima koja tvrde da ponekad vrijednosti mogu odstupati od standardnih granica. Sve dobivene vrijednosti kod ispitanika s poremećajem glasa detaljnije su prikazane u Tablici 7. U skupini ispitanika bez poremećaja glasa DSI svih ispitanika bio je pozitivan s prosječnim rezultatom 2,19. Vrijednosti ostalih varijabli opisane su u Tablici 8.

VARIJABLE	N	MIN	MAX	PROSJEK	STD. DEVIJACIJA
DSI	20	-10,77	4,20	-1,52	4,29
MVF		2,2	19,0	9,42	4,77
Jitt		0,14	2,40	0,70	0,69
I-Min		50	69	57,70	4,68

**Tablica 7.** Deskriptivna statistika vrijednosti DSI i pojedinih parametara u skupini ispitanika s poremećajem glasa

T-testom potvrđena je razlika na varijabli maksimalno vrijeme fonacije (MVF) između ispitanika s i bez poremećaja glasa. Speyer i sur. (2010) navode da je sposobnost foniranja brza, neinvazivna i jeftina aerodinamička mjera koja je značajno niža kod osoba s disfonijom što se u ovom istraživanju i potvrdilo. Varijabla I-Min nije se statistički značajno razlikovala između uspoređivanih skupina ispitanika (Tablica 9).

VARIJABLE	N	MIN	MAX	PROSJEK	STD. DEVIJACIJA
DSI	11	0,94	4,99	2,19	1,11
MVF		12,0	32,0	19,00	5,06
Jitt		0,16	0,59	0,32	0,13
I-Min		53	66	58,64	3,96

**Tablica8.** Deskriptivna statistika vrijednosti DSI i pojedinih parametara u skupini ispitanika bez poremećaja glasa

	t	df	Sig. (2-Tailed)
MVF	-5,240	29	0,000
I-Min	-0,561	29	0,579

**Tablica9.** Statistička značajnost razlika između skupine ispitanika s i bez poremećaja glasa na varijablama MVF i I-Min

Neparametrijski Mann-Whitneyev U test pokazao je statistički značajne razlike u rezultatima DSI između grupe ispitanika s dijagnozom poremećaja glasa od skupine koja nema problema s glasom (Tablica 10). Ovakav rezultat u skladu je s ranije provedenim istraživanjima koja su potvrdila mogućnost diferenciranja skupina ispitanika s obzirom na prisutnost poremećaja glasa što ga svrstava u valjane mjerne instrumente za objektivnu procjenu.

Iste rezultate dobili su Hakkesteegt i sur. (2008) u svom istraživanju u kojem je srednja vrijednost DSI u skupini s poremećajem glasa bila značajno niža od rezultata u kontrolnoj skupini. Rezultati su pokazali da je u kontrolnoj grupi prosječni rezultat na Indeksu jakosti disfonije iznosio 4,2, a u grupi pacijenata s poremećajima glasa 1,4.

Također, u pilot istraživanju D'haeseleer i sur. (2016) cilj je bio odrediti vokalne karakteristike glasa kod osoba koje profesionalnu pomoć traže prvenstveno zbog vokalnog zamora. Rezultati objektivne procjene u kojoj je korišten DSI pokazali su statistički značajno više rezultate u kontrolnoj skupini.

Isto se pokazalo u istraživanju Gaber i sur. (2013) u kojem su uspoređivani glasovi žena s vokalnim nodulima s kontrolnom skupinom pri čemu je zaključeno da je DSI ima značajnu kliničku vrijednost u procjeni vokalnih nodula kod žena.

Nadalje, jedan od ciljeva istraživanja Kandogan i Özüer (2007) bio je opisati objektivne razlike između funkcionalnih poremećaja glasa, sekundarnih organskih poremećaja glasa i kontrolne skupine. Rezultati su pokazali statistički značajne razlike između sve tri skupine na DSI i *jitteru*.

	<b>DSI</b>	<b><i>Jitt</i></b>
<b>Mann-Whitney U</b>	39,000	87,500
<b>Wilcoxon W</b>	249,000	153,500
<b>Z</b>	-2,931	-0,930
<b>Asymp. Sig. (2-tailed)</b>	0,003	0,352
<b>Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]</b>	0,003	0,359

**Tablica10.** Statistička značajnost razlika između skupine ispitanika s i bez poremećaja glasa na varijabli DSI i *Jitt*

Deskriptivna statistika varijabli u skupini ispitanika s organskim i funkcionalnim poremećajima glasa prikazana je u Tablici 11 i Tablici 12.

Istraživanje Hummel i sur. (2010) u kojem je ispitivana mogućnost diferencijacije poremećaja glasa različite etiologije zaključeno je da pacijenti s organskim poremećajima glasa postižu statistički značajno niže rezultate na DSI, dok su rezultati pacijenata s funkcionalnim poremećajima glasa bili u rangu zdravih glasova.

Nadalje, istraživanje Hakkesteeft i sur. (2008) pokazalo je da u grupi ispitanika s organskim poremećajima glasa srednja vrijednost DSI statistički značajno niža od vrijednosti DSI pacijenata s neorganskom disfonijom. U tom su istraživanju dijagnoze podijeljene u 3 skupine – funkcionalni poremećaji, patološke tvorbe na vokalnom aparatu i paraliza/pareza. Istraživanje je pokazalo da su pacijenti s dijagnozom paralize ili pareze imali značajno niži rezultat od grupe s promjenama na tkivu glasovnog mehanizma. Navedene razlike između svih triju etioloških skupina objašnjavaju se nepravilnostima u glotalnom zatvaranju i radu glasnica, a te su promjene najizraženije kod paralize/pareze zbog čega su najniži rezultati DSI dobiveni upravo u toj skupini.

Na temelju dobivenih podataka i izračunatog DSI u ovom istraživanju nije pronađena razlika u skupini ispitanika s obzirom na uzrok poremećaja glasa, tj. rezultati DSI se nisu razlikovali kod pacijenata s organskim i funkcionalnim poremećajem glasa (Tablica 14).

Također, značajne razlike nisu zabilježene ni prilikom usporedbe parametara koji su korišteni za izračun DSI (Tablica 13 i Tablica 14). Dakle, ovi rezultati nisu u skladu s nalazima ranije provedenih istraživanja.

	<b>N</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD. DEVIJACIJA</b>
<b>DSI</b>	8	-10,77	4,20	-2,11	4,99
<b>MVF</b>		2,2	19,0	8,16	5,32
<b>Jitt</b>		0,15	2,40	0,81	0,79
<b>I-Min</b>		50	65	57,50	4,99

**Tablica11.** Deskriptivna statistika varijabli u skupini s organskim poremećajem glasa

	<b>N</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD. DEVIJACIJA</b>
<b>DSI</b>	12	-9,19	2,24	-1,12	3,94
<b>MVF</b>		3,9	18,6	10,26	4,40
<b>Jitt</b>		0,14	2,04	0,63	0,64
<b>I-Min</b>		51	69	57,83	4,69

**Tablica12.** Deskriptivna statistika varijabli u skupini s funkcionalnim poremećajem glasa

	<b>t</b>	<b>df</b>	<b>Sig. (2-Tailed)</b>
<b>MVF</b>	-0,961	18	0,349
<b>I-Min</b>	-0,152	18	0,881

**Tablica13.** Statistička značajnost razlika između skupine ispitanika organskim i funkcionalnim poremećajem glasa na varijablama MVF i I-Min

	<b>DSI</b>	<b><i>Jitt</i></b>
<b>Mann-Whitney U</b>	42,000	41,500
<b>Wilcoxon W</b>	78,000	119,500
<b>Z</b>	-0,463	-0,502
<b>Asymp. Sig. (2-tailed)</b>	0,643	0,616
<b>Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]</b>	0,678	0,624

**Tablica14.** Statistička značajnost razlika između skupine ispitanika s organskim i funkcionalnim poremećajem glasa ispitana na varijablama DSI i *Jitt*

Dobiveni rezultati, tj. ne postojanje razlika između grupa formiranih na temelju etiološkog faktora mogu se objasniti određenim nedostacima istraživanja.

Jedan od glavnih nedostataka je svega 20 ispitanika uključenih u istraživanje.

Nadalje, u ovom istraživanju u obzir nisu uzimana prijašnja ili trenutna zdravstvena stanja poput alergija, oštećenja sluha, uzimanja lijekova ili životnih navika poput pušenja. Sve navedeno u određenoj mjeri može utjecati na respiratorne i fonatorne sposobnosti, a u konačnici na rezultat DSI. Navedeno može biti potkrijepljeno činjenicom da će osoba, primjerice, zbog oštećenja sluha imati teškoće kontrole intenziteta ili korištenja njegove prikladne razine, a budući da je intenzitet jedan od temeljnih parametara za izračun DSI informacije o slušnom statusu moraju se uzeti u obzir (Awan, 2001). Nadalje, istraživanjem Awan (2011) u kojem je sudjelovalo 30 žena pušača i 30 žena nepušača u dobi od 18-24 godine usporedba rezultata DSI između ove dvije grupe pokazala je postojanje statistički značajne razlike na ukupnom rezultatu DSI te na varijablama najviša frekvencija ( $F_0$ -High) i najniži intenzitet (I-Low), dok se vrijednosti *jittera* i najduže fonacije nisu razlikovali. Dobiveni rezultati ukazuju na značajan utjecaj pušenja na vokalnu produkciju. Isto tako, postoje istraživanja koja dokazuju negativan utjecaj lijekova na vokalni mehanizam uzorkujući kašalj, promuklost ili čak afoniju što rezultira lošijom glasovnom izvedbom na aerodinamičkim i akustičkim mjerenjima.

Također, maksimalno vrijeme fonacije osoba s poremećajima glasa snimano je samo jednom, dok su se u većini drugih istraživanja radila tri pokušaja od kojih je za analizu uziman onaj u kojem je osoba ostvarila najbolji rezultat.

Uključenost u terapiju, kao i zanimanje ispitanika nisu uzimani u obzir, a to su varijable koje su značajno mogle utjecati na izvedbu ispitanika.

Diferencijalna dijagnostika poremećaja glasa kliničarima često predstavlja izazov. Auditivno-perceptivni i kinestetski simptomi koje pacijenti navode kao i oni koje kliničar percipira često se preklapaju, iako dijagnoze mogu biti različite. Isto se pokazalo i kod objektivnih mjera. Primjerice, na DSI unutar istih dijagnoza rezultati mogu značajno varirati. Svakako treba istaknuti da ni jedna od postojećih mjera ne isključuje onu drugu, već se međusobno nadopunjuju i rezultiraju pouzdanijom dijagnozom. Dakle, DSI se ne može samostalno primjenjivati prilikom procjene jer glas predstavlja nelinearnu interakciju aerodinamičkih i biomehaničkih osobitosti zbog čega pretpostavke o uzroku i trenutnom statusu glasa ne mogu biti temeljene isključivo na akustičkom signalu. Međutim, ako se rezultat DSI objašnjava u kontekstu opsežnog dijagnostičkog protokola koji uključuje različite mjere, onda se mogućnost pogrešne interpretacije svodi na minimum. Drugim riječima, inkorporiranjem većeg broja mjernih instrumenata i stvaranjem glasovnih profila osoba koje dođu na procjenu točna dijagnoza nije upitna (Awan, 2001).



## 5. VERIFIKACIJA HIPOTEZA

U skladu s postavljenim ciljem i problemom istraživanja ovoga diplomskog rada postavljene su sljedeće pretpostavke istraživanja:

H1: Postojat će statistički značajna razlika u rezultatima DSI između skupine ispitanika s poremećajem glasa i ispitanika bez poremećaja glasa.

Ova hipoteza u potpunosti se prihvaća jer je statistička analiza pokazala postojanje značajne razlike ( $p < 0,01$ ) na DSI između skupine s dijagnozom poremećaja glasa i kontrolne skupine.

H2: Postojat će statistički značajna razlika u rezultatima DSI između skupine ispitanika s funkcionalnim i organskim poremećajem glasa.

Ova hipoteza se ne prihvaća, budući da statističkom analizom nije utvrđeno postojanje značajnih razlika ( $p > 0,05$ ) na DSI između ispitanika s funkcionalnim i organskim poremećajem glasa.

## 6. ZAKLJUČAK

Glasovna funkcija rezultat je laringealnih, akustičkih i perceptivnih osobitosti koje su u međusobnoj ovisnosti te njihovo međudjelovanje oblikuje vokalni status. To znači da se u procjeni kliničar ne može oslanjati samo na jednu domenu ili jednu izdvojenu karakteristiku, već glas mora promatrati u širem kontekstu. Dakle, glas integrira više komponenti te dijagnoza može biti uspostavljena jedino nakon provedbe većeg broja različitih mjernih instrumenata na kojima će dobiveni rezultati odražavati cjelokupnu kvalitetu glasa. Budući da je procjenjivačima teško perceptivno vrednovati specifični parametar, u procjeni se sve češće koriste višeparametrijski objektivni mjerni instrumenti kakav je i Indeks jakosti disfonije. Dosad provedena istraživanja pokazala su visoku valjanost i pouzdanost ovog alata procjene što ga stavlja u skupinu onih koji su dovoljno precizni za određivanje dijagnoze, ali i praćenja terapijskih učinaka. U ovom istraživanju također se pokazalo da DSI ima dobru mogućnost razlikovanja zdravih i disfoničnih glasova. Međutim, nije se pokazao dovoljno osjetljivim za diferenciranje ispitanika s obzirom na vrstu poremećaja glasa. Unatoč rezultatu ovog istraživanja, DSI je prepoznat kao značajan instrument u izdvajanju glasova narušene kvalitete.

## 7. LITERATURA

Aronson, A.E., Peterson JR., H.W. i Litin, E.M. (1964): Voice Symptomatology in Functional Dysphonia and Aphonia. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 29, 4, 367-380.

Awan, S.N. (2011): The Effect of Smoking on the Dysphonia Severity Index in Females. *Folia phoniatica et Logopaedica*, 63, 2, 65-71.

Awan, S.N. i Ensslen, A.J. (2009): A comparison of Trained and Untrained Vocalists on the Dysphonia Severity Index. *Journal of Voice*, 24, 6, 661-666.

Awan, S.N. (2001): *The Voice Diagnostic Protocol: A Practical Guide to the Diagnosis of Voice Disorders*, Gaithersburg: Aspen Publishers.

Baker, J., Ben-Tovim, D.I., Butcher, A. i Esterman, A. (2007): Development of a modified diagnostic classification system for voice disorders with inter-rater reliability study. *Logopedics Phoniatics Vocology*, 32, 99-112.

Bele, I.V. (2004): Reliability in Perceptual Analysis of Voice Disorders. *Journal of Voice*, 19, 4, 555-573.

Bolfan-Stošić, N. (1994): Dječji problemi glasa. *Defektologija*, 30, 2, 147-153.

Bonetti, A. (2010): Perceptivna procjena glasa. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 47, 1, 64-71.

Boone, D.R i McFarlane, S.C.(2000): *The voice and voice therapy*. Allyn and Bacon, 6th edition.

Bridger, M.W.M. i Epstein, B.A. (1983): Functional voice disorders. *The Journal of Laryngology and Otology*, 97, 1145-1148.

Cohen, S.M., Jacobson, B.H., Garrett, C.G., Noordzij, J.P., Stewart, M.G., Attia, A., Ossoff, R.H. i Cleveland, T.F. (2007): Creation and validation of the Singing Voice Handicap Index. *Ann Otol Rhinol Laryngol.*, 116, 6, 402-406.

Colton, R.H., Caper, J.K. i Leonard, R. (2006): *Understanding Voice Problems, A Physiological Perspective for Diagnosis and Treatment*. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins.

Deary, I.J., Wilson, J.A., Carding, P.N. i MacKenzie K. (2003): VoiSS: a patient-derived Voice Symptom Scale. *J Psychosom Res*, 54, 5, 483-489.

De Bodt, M., Wuyts, F.L., Van de Heying, P. i Croux, C. (1997): Test-retest Study of the GRBAS Scale: Influence of Experience and Professional Background on Perceptual Rating of Voice Quality. *Journal of Voice*, 11, 1, 74-80.

D'haeseleer, E, Behlau, M., Bruneel, L., Meerschman, I., Luyten, A., Lambrecht, S., Cassol, M., Corthals, P., Kryshchopava, M., Wuyts, F.L., Claeys, S. i Van Lierde, K. (2016): Factors Involved in Vocal Fatigue: A Pilot Study. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 68, 3, 112-118.

Dejonckere, P.H. (2010): *Assessment of Voice and Respiratory Function*. U: Remacle, M., Eckel, H.E. (ur.): *Surgery of Larynx and Trachea* (str. 11-26). Berlin: Springer-Verlag.

Demmink-Geertman, L. i Dejonckere, P.H. (2002): Nonorganic Habitual Dysphonia and Autonomic Dysfunction. *Journal of Voice*, 16, 4, 549-559.

Gopkishore, P. i Pushpavathi, M. (2017): Multiparametric Assessment of the Efficacy of Voice Therapy in the Management of Hyper functional Voice Disorders. *Journal of Otolaryngology*, 8, 2, 239-246.

Hakkesteeft, M.M., Broca, M.P. i Wieringa, M.H. (2009): The applicability of the Dysphonia Severity Index and the Voice Handicap Index in evaluating effects of voice therapy and phonosurgery. *J Voice*, 24, 2, 199-205.

Hakkesteegt, M.M., Wieringa, M.H., Brocaar, M.P. Mulder, P.G. i Feenstra, L. (2008): The Interobserver and Test-Retest Variability of the Dysphonia Severity Index. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 60, 86-90.

Hakkesteegt, M.M., Wieringa, M.H., Brocaar, M.P. i Feenstra, L. (2006): The Relationship Between Perceptual Evaluation and Objective Multiparametric Evaluation of Dysphonia Severity. *Journal of Voice*, 22, 138-145.

Hakkesteegt, M.M., Wieringa, M.H., Brocaar, M.P. i Feenstra, L. (2006): Influence of Age and Gender on the Dysphonia Severity Index. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 58, 264-273.

Harries, M., Hawkins, S., Hacking, J. i Hughes, I. (1998): Changes in the male voice at puberty: vocal fold length and its relationship to the fundamental frequency of the voice. *The Journal of Laryngology and Otology*, 12, str. 451-454.

Henry, L. Helou, L.B., Solomon, N.P., Howard, R.S., Uvena J.G., Coppit, G. i Stojadinovic, A. (2009): Funcional voice outcomes after thyroidectomy: An assesment of the Dysphonia Severity Index (DSI) after thyroidectomy. *Surgery*, 147, 6, 861-870.

Hummel, C., Scharf, M., Schuetzenberger, A., Graessel, E. i Rosanowski, F. (2010): Objective Voice Parameters and Self-Percieved Handicap in Dysphonia. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 62, 303-307.

Gaber, A., Gaber, H., Liang, F, Yang, J., Wang, Y. i Zheng, Y. (2013): Correlation Among the Dysphonia Severity Index (DSI), the RBH Voice Perceptual Evaluation, and Minimum Glottal Area in Female Patients With Vocal Fold Nodules. *Journal of Voice*, 28, 1, 20-23.

Jayakumar, T. i Savithri, S.R. (2010): Effect on geographical and ethnic variation on Dysphonia Severity Index: a study on Indian population. *Journal of Voice*, 26, 1, e11-e16.

Kreiman, J. i Gerratt, B.R. (2000): Sources of listener disagreement in voice quality assesment. *J. Acoust. Soc. Am.*, 108, 4, 1867-1876.

Kreiman, J. i Gerratt, B.R. (2010): Perceptual Assessment of Voice Quality: Past, Present, and Future. *Perspectives on Voice and Voice Disorders*, 20, 2, 62-67.

Koufman, J.A i Blalock, P.D. (1982): Classification and approach to patients with functional voice disorders. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 91, 372-377.

Mehta, D.D. i Hillman, R.E. (2008): Voice Assessment: Updates on perceptual, acoustic, aerodynamic, and endoscopic imaging methods. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 16, 3, 2011-2015.

Nemr, K., Silva, A.D.C., Rodrigues, D. de A., Simoes Zenari, M. (2018): Medications and Adverse Voice Effects. *Journal of Voice*, 32, 4, 515.e29-515.e39.

Oates, J. (2009): Auditory-Perceptual Evaluation of Disordered Voice Quality. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 61, 49-56.

Radhakrishna, N., Yamini, B.K., Kadam, A.S., Shivashankar, N., Vishwanathan, C., Javarappa, R. (2017): Acoustic analysis of voice in nonlaryngeal head and neck cancer patient post chemoradiotherapy. *J Can Res Ther*, 13, 1, 113-117.

Pebbli, K.G., Kidwai, J. i Shabnam, S. (2015): Dysphonia Severity Index in Typically Developing Indian Children. *Journal of Voice*, 31, 1, 125.e1-125.e6.

Raes, J., Wuyts, F.L., de Bodt, M. i Clement, P. (2002): The Dysphonia Severity Index Used With a Percentage Scale. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 11, 1, 30-37.

Rosen, C.A, Lee, A.S., Osborne, J, Zullo, T. i Murry, T. (2009): Development and Validation of the Voice Handicap Index-10. *The Laryngoscope*, 11, 9, 1549-1556.

Roy, N. i Tasko, S.M. (1994): Speaking Fundamental Frequency (SFF) Changes Following Successful Management of Functional Dysphonia. *JSLPA*, 18, 2, str. 115-120.

Roy, N. (2003): Functional dysphonia. *Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 11, 144-148.

Roy i sur. (2013): Evidence-Based Clinical Voice Assessment: A Systematic Review. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 22, 212-226.

Seifert, E. i Kolbrunner, J. (2005): Stress i distress in non-organic voice disorders. *Swiss Med Wkly*, 135, 387-397.

Shaheen, N.A., Miesemer, S.A. i Nicolola T.A. (2012): An Examination of Intrasubject Variability on the Dysphonia Severity Index. *Journal of Voice*, 26, 814.e21-814.e25.

Speyer, R., Bogaardt, H.C., Passos, V.L., Roodenburg, N.P., Zumach, A., Heijnen, M.A., Baijens, L.W., Fleskens, S.J. i Brunings, J.W. (2010): Maximum phonation Time: variability and reliability. *Journal of Voice*, 24, 3, 281-284.

Teixeira i Fernandes (2013): Jitter, Shimmer and HNR classification within gender, tones and vowels in healthy voices. *Procedia Technology*, 16, 1228 – 1237.

Uloza, V., Latoszek, B.B., Ulozaite-Staniene, N., Petrauskas, T. i Maryn, Y. (2018): A comparison of Dysphonia Severity Index and Acoustic Voice Quality Index measures in differentiating normal and dysphonic voices. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 275, 4, 949-958.

Wilson, J.A., Deary, I.J., Scott, S. i MacKenzie, K. (1995): Functional dysphonia. *British Medical Journal*, 311, 1039-1040.

Wuyts, F.I. i sur. (1997): Dysphonia severity index: a multiparameter approach for the assessment of voice quality. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 43, 796-809.

Yumoto, E. i Gould, W.J. (1982): Harmonics to noise ratios as an index of the degree of hoarseness. *J. Acoust. Soc. Am.*, 71, 6, 1544-1550.

Zur, K.B., Cotton, S., Kelchner, L., Baker, S., Weinrich, B. i Lee, L. (2007): Pediatric Voice Handicap Index (pVHI): a new tool for evaluating pediatric dysphonia. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 71, 1, 77-82.

Internetski izvori:

[https://www.wevosys.com/knowledge/\\_data\\_knowledge/4.pdf](https://www.wevosys.com/knowledge/_data_knowledge/4.pdf). Posjećeno: 3.4.2018.

[https://www.pluralpublishing.com/media/media\\_intro2e\\_SamplePages.pdf](https://www.pluralpublishing.com/media/media_intro2e_SamplePages.pdf). Posjećeno: 26.4.2018.

Osnove fiziološke i govorne akustike. Posjećeno: 28.4.2018. na mrežnoj stranici ERF-a:  
<http://www.erf.unizg.hr/docs/skripte/ERF-FizioloskaAkustika-2012-Hedjever.pdf>

Automatic Assessment of Voice Quality According to the GRBAS Scale. Posjećeno: 30.4.2018.  
na mrežnoj stranici Research Gate:  
[https://www.researchgate.net/profile/Nicolas\\_SaenzLechon/publication/5898156\\_Automatic\\_Assessment\\_of\\_Voice\\_Quality\\_According\\_to\\_the\\_GRBAS\\_Scale/links/542573300cf2e4ce940381a2/Automatic-Assessment-of-Voice-Quality-According-to-the-GRBAS-Scale.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nicolas_SaenzLechon/publication/5898156_Automatic_Assessment_of_Voice_Quality_According_to_the_GRBAS_Scale/links/542573300cf2e4ce940381a2/Automatic-Assessment-of-Voice-Quality-According-to-the-GRBAS-Scale.pdf)

<http://www.foni.mef.hr/Prirucnik/Skripta.htm>. Posjećeno: 9.5.2018.

Voice Disorders: Classification. Posjećeno: 14.8.2018. na mrežnoj stranici SpringerLink:  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-68940-9\\_60](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-68940-9_60)