

UTJECAJ RADNOG DANA NA GLAS PROFESIONALNIH PLESAČA-PJEVAČA: AKUSTIČKA ANALIZA GLASA PRIJE I POSLIJE RADNOG VREMENA

GORDANA KOVAČIĆ*

Primljeno: srpanj 2001.
Prihvaćeno: prosinac 2002.

Izvorni znanstveni rad
UDK: 376.36

Cilj istraživanja bio je ispitati utjecaj radnog dana na glas profesionalnih plesača-pjevača. To je učinjeno akustičkom analizom glasova desetorice muškaraca (prosječna dob 31 godina i prosječna duljina radnog iskustva 8.5 godina). Snimanje glasova obavljeno je prije i poslije radnoga vremena, tj. od 8.45-9.30 te od 13.45-14.30. Rezultatima osnovne statistike za akustičke varijable utvrđene su neke općenite karakteristike pjevačkoga glasa ispitanika gdje se posebice istakao izražen habitualni intenzitet glasa, dok su rezultati t-testa za male zavisne uzorke pokazali da su se samo fundamentalna frekvencija (F_0) na najdubljem mogućem tonu foniranja (bazalna visina glasa) te odnos intenziteta harmonika i šuma (HNR) na najvišem tonu foniranja statistički značajno promijenili, i to u smjeru optimizacije. Iako, generalno gledano, rezultati ne ukazuju na promjene glasa u funkciji radnog vremena, potreban je oprez prilikom njihove interpretacije. Naime, kritična točka može biti činjenica da su rezultati koji se odnose na snimanje glasova prije radnog vremena temeljeni na jutarnjem glasu pa je vjerojatno da su mjereni parametri kontaminirani upravo ovim faktorom zbog čega nije bilo moguće utvrditi stvarne akustičke pokazatelje deterioracije glasa. Naravno, ovu hipotezu trebalo bi ispitati u budućim istraživanjima gdje bi se glasovi snimali i analizirali u tri vremenske točke - prije i poslije radnog vremena, ali i unutar njega, a to znači nakon tjelesnog treninga i ugrijavanja glasa upjevanjem, dakle, kada glas postigne stabilnost. Time bi se, prema spomenutoj hipotezi, mogao izmjeriti stvaran učinak radnog vremena, ali i upjevanja.

Ključne riječi: jutarnji glas, bazalna visina glasa, F_0 , jitter, HNR, (habitualni) intenzitet glasa, frekvencijski raspon glasa

Uvod

Zborno pjevanje staro je koliko i civilizacija, a kroz povijest je odigralo značajnu ulogu u svim kulturama. O njegovoj popularnosti govori velik broj pjevača organiziranih pri školama, fakultetima, crkvama, glazbenim školama i akademijama, mjesnim zajednicama, radnim i drugim ustanovama. Zapravo, u čitavoj populaciji pjevača najbrojniji su upravo zborni pjevači. Zborovi njeguju širok glazbeni repertoar, a neki se specijaliziraju samo za jedan određeni glazbeni (vokalni) stil. Primjer su zborovi narodne (folklorne) glazbe.

Mnogi od njih su na amaterskoj razini pa okupljaju osobe kojima je to hobi. Broj profesionalnih zborova narodne glazbe znatno je manji. Primjer je Ansambl hrvatskih narodnih pjesama i plesova LADO, oformljen u Zagrebu, 1949. g. Njegovi članovi ne bave se samo pjevanjem, nego i plesom jer pjesma i ples nerazdvojni su u tradicionalnom poimanju hrvatskog narodnog glazbenog stvaralaštva. LADO u potpunosti respektira autentičnu narodnu umjetnost i okuplja najprominentnije etnokoreografe, etnomuzikologe i kompozitore, a posebnu pozornost poklanja autentičnosti narodnih nošnji.

* Institute of Phonetic Sciences, University of Amsterdam

Dosadašnje spoznaje

Današnja znanost o glasu raspolaže vrlo oskudnim podacima o utjecaju pjevačkih aktivnosti na glas pa tako i o utjecaju radnog vremena - kada su u pitanju profesionalni pjevači zaposleni pri ustanovama. Poznato je da upjevavanje glasa pozitivno djeluje na fonatornu funkciju, dok učinci javnog izvođenja mogu biti negativni. No, te se spoznaje uglavnom oslanjaju na subjektivne dojmove pjevača. U dobro izvježbanih i obrazovanih pjevača poslijekoncertne promjene glasa su akutne i vrlo brzo nestaju. Tako Lawrence (1983) navodi da bi pregledom larinksa pjevača neposredno nakon koncerta bilo moguće utvrditi promjene na glasnicama koje se do slijedećeg dana povlače. Riječ je o blagoj otečenosti i crvenilu. Morfološke promjene na glasnicama vrlo je teško utvrditi prvenstveno zbog nedostatka uvjeta za ovakav oblik ispitivanja. Riječ je o efektima koje je potrebno ispitati u vrlo kratkom vremenu neposredno nakon koncertne izvedbe što nije nimalo jednostavno zbog razloga tehničke prirode. No, uskoro će biti moguća i takva ispitivanja na mjestu koncertnog događanja - "iza zavjese". Naime, Hess i Ludwigs (2000) su na IV. Međunarodnom simpoziju *Vocal Arts Medicine and Voice Care* održanom u Salzburgu 2000. godine predstavili svoju inovaciju. Riječ je o *back-stage stroboskopiji* kako je autori nazivaju, odnosno o prenosivom minijaturnom stroboskopu. Time će vječna ljudska nastojanja za promatranjem larinksa neposredno nakon koncertne izvedbe ili bilo koje druge pjevačke aktivnosti biti omogućena. Spomenimo Froeschelsa koji je četrdesetih godina laringoskopskim ogledalcem promatrao larinkse pjevača nakon koncerta ne bi li ustanovio morfološke promjene na glasnicama (prema Kitch i sur., 1996). Primijetio je nekompletno zatvaranje glotisa i to uglavnom u pjevača sa slabijom vokalnom tehnikom. Međutim, kako je pregled larinksa bio učinjen samo u jednoj vremenskoj točki, tj. poslije koncertne izvedbe, Froeschels nije mogao utvrditi koliko je nepotpuno zatvaranje glotisa poslijekoncertna posljedica, a koliko općeprisutna karakteristika na razini larinksa ovih pjevača.

U nedostatku vizualnog utvrđivanja promjena na glasnicama, bilo da je riječ o koncertnoj izvedbi, vokalnoj probi, upjevavanju ili radnom vremenu, neki su znanstvenici iskoristili mogućnosti akustičke analize iako su i takva istraživanja malobrojna, opet zbog vremenskih i tehničkih ograničenja. Problem je nedostupnost tihog prostora u kojem bi se glasovi odmah po svršetku pjevačkog nastupa snimali i to unutar tridesetak minuta od trenutka svršetka koncerta. To se odnosi i na druge pjevačke aktivnosti - upjevavanje, vokalnu probu i radno vrijeme. Kitch i sur. (1996) ispitali su utjecaj zborne koncertne izvedbe na uzorku od 10 pjevača (tenora). Rezultati akustičke analize potvrdili su prisutnost opće deterioracije glasova nakon koncertnog nastupa pri čemu su autori naglasili individualni karakter ustanovljenih promjena glasa. Drugačije su rezultate dobili Novak i sur. (1991). Oni nisu ustanovili objektivne pokazatelje deterioracije na razini fundamentalne frekvencije i srednjeg dugotrajnog spektra glasa u uzorku glumaca, a u funkciji umjetničke izvedbe (glumačke predstave) premda se veći broj glumaca žalio na vokalni zamor. No, valja naglasiti da su autori ispitivali govorni glas, a ne pjevački čija je fenomenologija složenija. Pela i sur. (1999) mjerili su učinkovitost upjevavanja (*warm-up*) na uzorku zbornih pjevača i utvrdili globalno poboljšanje u produkciji glasa što se odrazilo u statistički značajnim razlikama u vrijednostima HNR, jittera i shimmera. Kovačić i sur. (2000) ispitali su utjecaj jednosatne vokalne probe na uzorku od sedam profesionalnih plesačica-pjevačica. Akustičkom analizom utvrdili su promjene glasa u smjeru optimizacije od kojih su se kao statistički značajne izdvojile vrijednosti središnje i bazalne F_0 te shimmera za bazalnu F_0 . Općenito se može reći da se dosadašnje spoznaje o utjecaju pojedinih vokalnih aktivnosti uglavnom temelje na subjektivnim procjenama samih pjevača dok su objektivni podaci malobrojni. No, zahvaljujući sve sofisticiranijoj tehnologiji, a uskoro i prenosivom stroboskopu, postojeća subjektivna tumačenja i nagađanja utvrdit će se i objasniti objektivnim, dakle, znanstvenim metodama.

Podaci o utjecaju radnog vremena na glas profesionalnih pjevača autorici ovog rada nisu poznati.

Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bio je ispitati akustičke karakteristike glasa profesionalnih plesača-pjevača, članova ansambla LADO te utjecaj radnog dana na objektivne parametre glasa. Radni dan ovih pjevača specifičan je zbog činjenice da osim pjevanja praktiraju i ples, a to je dodatno opterećenje. Naime, ne treba zaboraviti da se pjevanje oslanja na disanje, a njegova je dinamika u tjelesnoj aktivnosti kakva je ples složenija što zacijelo utječe i na vokalnu kvalitetu. Stoga se može pretpostaviti da je u ovih pjevača fonatorno i opće tjelesno umaranje veće. Temeljno pitanje istraživanja je hoće li akustički parametri glasa pokazati objektivne znakove vokalnog zamora u funkciji radnog vremena.

Metodologija

Uzorak ispitanika

U uzorku ispitanika bilo je 10 muškaraca čija je prosječna dob 31 godina, a prosječna duljina radnog iskustva u ansamblu LADO 8.5 godina (v. tablicu 1). Raspon dobi od 21 do 53 godine ne smatra se problematičnim jer unutar tog životnog razdoblja još uvijek nema znakova biološke deterioracije, tj. starenja glasa što uostalom i potvrđuje činjenica da je najstariji ispitanik kojemu su 53 godine još uvijek radno aktivan u spomenutom ansamblu. Budući da je riječ o vrlo specifičnoj populaciji, tj. jedinom profesionalnom folk-

lornom ansamblu u zemlji, uzorak ispitanika i nije mogao biti drugačiji s obzirom na distribuciju dobi i radnog iskustva. Svi su ispitanici nepušači i niti jedan nije polazio školu pjevanja. Naime, riječ je o profesionalnim plesačima koji su počeli pjevati u ansamblu LADO. Dakle, njihov svakodnevni posao uključuje i pjevanje i ples što uvježbavaju pod profesionalnim vodstvom.

Provođenje ispitivanja i analiza podataka

Ispitivanje je provedeno nizom vokalnih zadataka. To su produžena fonacija vokala /a/ u ugodnoj visini i glasnoći te uzlazni i silazni glissando. Glissando (slika 1) kao metoda utvrđivanja maksimalnog frekvencijskog raspona glasa odabran je zbog jednostavnije i brže izvedbe u odnosu na pjevanje ljestvice, a poglavito u odnosu na ponavljanje muzičkih tonova zadanih nekim glazbenim instrumentom (klavijaturom) ili pak ponavljanje reproduciranih čistih tonova (što zahtijeva izoštrjen muzički sluh). Nadalje, istraživanje Reicha i sur. (1990) pokazalo je da se upravo glissandom postižu veći maksimalni frekvencijski rasponi glasa nego drugim vokalnim zadacima, a cilj je ovog istraživanja izmjeriti upravo maksimalni frekvencijski raspon glasa ispitanika. Pri tom valja naglasiti da se u ovakvim ispitivanjima pod maksimalnim frekvencijskim rasponom glasa podrazumijeva voljno kontrolirana produkcija niza tonova, od najnižeg do najvišeg iako se zna da je fiziološki raspon glasa onaj gdje je taj raspon najveći. Mjerilo se i maksimalno vrijeme fonacije vokala /a/. Svaki je zadatak bio ponavljen tri puta. U zadacima glissanda, ispitanici su zamoljeni da početne i završne tonove zadrže barem 3 sekunde. S obzirom na cilj ispitivanja, spomenuti su se zadaci snimali

Tablica 1. Podaci o dobi i duljini radnog iskustva ispitanika (N=10)

VARIJABLA	M	SD	Min	Max
DOB/godina	31.3	8.64	21.0	53.0
RADNO ISKUSTVO/godina	8.6	8.55	.50	30.0

M-aritmetička sredina, SD-standardna devijacija, Min-minimalna vrijednost i Max-maksimalna vrijednost

u dvije vremenske točke - prije radnog vremena i to od 8.45 do 9.30 te poslije radnoga vremena, tj. od 13.45 do 14.30. Snimanje se odvijalo u tihoj prostoriji ustanove u kojoj su ispitanici zaposleni pri čemu se koristio mini-disc uređaj za snimanje *Sony MZ-R35* te dinamički kardioidni mikrofona *Electro Voice N/DI57B*. Ispitanici su bili u sje-dećem položaju, a udaljenost usana od mikrofona bila je 40 cm. Prvotno je bilo planirano 20 cm, no budući da je u ispitanika primijećeno foniranje izrazitom jakošću glasa, osobito prilikom glissanda i visokih tonova (poznata je međuzavisnost visine F_0 i intenziteta), udaljenost usana od mikrofona je povećana na 40 cm. Time se izbjeglo moguće izobličenje audio-zapisa što bi onemogućilo akustičku analizu glasa i dobivanje relevantnih rezultata. Ovaj vokalni habitus s izraženom jakošću glasa možda je posljedica profesionalne aktivnosti vezane za izvođenje narodnih pjesama gdje su snaga i muževnost, kojima u akustičkom smislu odgovara prodoran glas jakog intenziteta, nerijetko poželjne kvalitete u pjevanju narodnih pjesama mnogih lokaliteta Hrvatske. (O drugim mogućim razlozima bit će riječi kasnije, u rezultatima i raspravi.)

Akustička analiza i ekstrakcija varijabli F_0 , jitter, intenzitet i HNR (odnos harmonici-šum) obavljena je upotrebom softwera PRAAT (verzija 3.8.45). Trajanje početnog tranzijenta očitano je manualno iz oscilograma produžene fonacije vokala /a/ na središnjem tonu foniranja (slika 2). Uzorci za akustičku analizu bili su srednji dijelovi vokala /a/ u trajanju od dvije sekunde dobiveni u fonaciji ugodnom visinom i glasnoćom te dijelovi vokala /a/ u trajanju od jedne sekunde izdvojeni iz produkcije najdubljeg i najvišeg tona dobivenih prilikom uzlaznog/silaznog glissanda. Na taj su način isključeni početni tranzijenti koji su manje stabilni dijelovi zvučnog signala i odnose se na ataku glasa. Za svakog su ispitanika za akustičku analizu odabrani oni dijelovi fonacije koji su subjektivno procjenjeni kao intonacijski najstabilniji, a procjenu je vršio istraživač. Maksimalno vrijeme fonacije vokala /a/ također se snimalo mini-disc uređajem za snimanje, a zatim usnimilo u računalo. Trajanje je

precizno izmjereno uz pomoć spomenutog softwera PRAAT pri čemu je za statističku obradu podataka odabrano maksimalno vrijeme fonacije s najduljim trajanjem.

Definirane su slijedeće varijable:

F_0 - F_0 u fonaciji ugodnom visinom i glasnoćom (Hz)

F_0 -jitter - jitter za F_0 (%)

F_0 -HNR - HNR za F_0 (dB)

F_0 -INT - intenzitet F_0 (dB)

F_0 -min - F_0 u fonaciji na najdubljem mogućem tonu (Hz)

F_0 -min-jitter - jitter za F_0 -min (%)

F_0 -min-HNR - HNR za F_0 -min (dB)

F_0 -min-INT - intenzitet F_0 -min (dB)

F_0 -max - F_0 u fonaciji na najvišem mogućem tonu (Hz)

F_0 -max-jitter - jitter za F_0 -max (%)

F_0 -max-HNR - HNR za F_0 -max (dB)

F_0 -max-INT - intenzitet F_0 -max (dB)

RASP-Hz - frekvencijski raspon glasa (Hz)

RASP-ST - frekvencijski raspon glasa (poluton/ST)

VRT - trajanje početnog tranzijenta (vrijeme utitravanja) (s)

MPT - maksimalno vrijeme fonacije (s)

Napomena: Varijable s ekstenzijom HNR znače odnos intenziteta harmonika i šuma. U daljnjem će tekstu biti naznačene međunarodno prihvaćenom oznakom HNR (engl. *harmonic-to-noise-ratio*). Iz istog razloga zadržale su se oznake MPT za maksimalno vrijeme fonacije (engl. *maximum phonation time*), VRT za trajanje početnog tranzijenta (engl. *vocal rise time*) i ST kao oznaka za poluton (engl. *semitone*).

Dobiveni podaci obrađeni su na razini univarijatne statistike. Razlike u vrijednostima akustičkih varijabli prije i poslije radnoga vremena ispitane su t-testom za male zavisne uzroke.

Rezultati i rasprava

Rezultati osnovne statistike za akustičke varijable izmjerene prije i poslije radnog vremena zajedno s rezultatima t-testa prikazani su u tablici 2. Kao što se može vidjeti, vrijednosti varijabli uglavnom su ostale nepromijenjene, poglavito one koje se odnose na fonaciju ugodnom visinom i glasnoćom. Jedine su iznimke F_0 na najdubljem mogućem tonu foniranja (F_0 -min) i HNR na najvišem mogućem tonu foniranja (F_0 -max-HNR) čije su se vrijednosti statistički značajno promijenile nakon radnog vremena.

Promjene fundamentalne frekvencije i frekvencijskog raspona glasa

Prosječna fundamentalna frekvencija uzorka u fonaciji ugodnom visinom i jakošću glasa iznosi 117 Hz prije radnog vremena i 119 Hz poslije.

Ova promjena nije statistički značajna. Uzme li se u obzir klasifikacija muških glasova s obzirom na visinu F_0 (Titze, 1994; Luchsinger i Arnold, 1965 - prema Greene i Mathieson, 1991), može se zaključiti da ispitivani uzorak pripada kategoriji baritona uz napomenu da su ove klasifikacije utemeljene na govornoj F_0 , a ne na produženoj fonaciji. Nadalje, u prvoj vremenskoj točki, dobivena je najdublja moguća visina foniranja u vrijednosti od 84 Hz (~ton E), dok je vrijednost iste varijable nakon radnoga vremena iznosila 89 Hz (prijelaz iz tona F u F#). Ova razlika, koja je t-testom potvrđena kao statistički značajna, navodi na razmišljanje o općenitom mogućem utjecaju jutarnjega glasa na vrijednosti ispitivanih varijabli (snimanje glasa prije radnog vremena bilo je organizirano u jutarnjim satima). *Jutarnji glas* zasigurno je dublji zbog čega je i *bazalna visina glasa* niža što je karakteristično upravo za posli-

Tablica 2. Aritmetičke sredine (M), standardne devijacije (SD) i rezultati t-testa za varijable izmjerene prije (1) i poslije (2) radnog vremena (N=10)

Varijabla	M1	M2	SD1	SD2	t-test	prob.
F_0	116.72	118.71	16.966	17.908	-.62	>.05
F_0 -jitter	.56	.59	.704	.537	-.093	>.05
F_0 -HNR	15.18	16.35	5.255	3.098	-.86	>.05
F_0 -INT	85.60	86.26	4.385	2.913	-.76	>.05
F_0-min	83.70	89.27	13.042	8.612	-2.62	<.05
F_0 -min-jitter	1.35	1.13	.916	1.349	.434	>.05
F_0 -min-HNR	10.54	12.52	3.336	3.967	-1.52	>.05
F_0 -min-INT	82.75	84.51	3.586	3.438	-1.1	>.05
F_0 -max	507.79	490.11	192.068	157.309	.47	>.05
F_0 -max-jitter	1.66	.70	1.986	.385	1.66	>.05
F_0-max-HNR	16.57	20.07	8.696	9.655	-2.48	<.05
F_0 -max-INT	86.84	88.41	3.842	3.592	-1.55	>.05
RASP-Hz	424.09	400.84	196.830	160.548	.58	>.05
RASP-ST	30.60	29.20	7.662	6.529	.88	>.05
VRT	.08	.103	0.070	0.061	-.55	>.05
MPT	29.67	31.39	9.881	10.757	-.79	>.05

Napomena: Statistički značajne razlike podebljane su.

jespavački glas (Van Riper i Irwin, 1958; Cooper, 1973). Budući da tijekom spavanja dolazi do maksimalnog opuštanja mišićne muskulature pa tako i laringalne, ovi su organi neposredno nakon buđenja opušteni zbog čega je jutarnji glas dublji i uglavnom ga je teže kontrolirati što ponajbolje znaju upravo pjevači. Nestabilniji je, slabijeg intenziteta i s više šuma što u ovom istraživanju pokazuju vrijednosti varijabli F_0 -min-jitter, F_0 -min-INT i F_0 -min-HNR dobivene u prvoj vremenskoj točki. Promatrano u funkciji radnog vremena, njihove vrijednosti nisu se statistički značajno promijenile - izuzev F_0 -min (bazalne visine glasa) koja je u jutarnjim satima gotovo za čitav ton niža u odnosu na F_0 -min nakon radnog vremena što je u skladu s rezultatima Coopera i Yanagihare (1971 - prema Cooper, 1973) koji su utvrdili porast dnevne bazalne visine glasa u odnosu na jutarnju za jedan do tri polutona. Budući da se ispitanike nije snimalo izravno nakon buđenja, nego se može pretpostaviti da su svi imali izvjesnu pa makar i minimalnu tjelesnu i vokalnu aktivnost do dolaska na posao, njihovi glasovi snimljeni ujutro ne smatraju se apsolutno jutarnjim glasovima iako je utjecaj jutra očit što potvrđuje statistički značajna razlika u vrijednosti bazalne visine glasa.

Aritmetička sredina F_0 na najvišoj mogućoj visini foniranja iznosi 508 Hz prije radnog vremena, odnosno 490 Hz poslije radnog vremena. Iako razlika nije značajna (niti pola tona, $\sim H$), zanimljiv je smjer promjene vrijednosti ove varijable. Uzme li se u obzir vrijednost bazalne visine glasa, proizlazi da je raspon glasa nešto manji nakon radnog vremena. Ispitivanje frekvencijskog raspona glasa važno je zbog toga što otkriva biomehanička i fiziološka ograničenja respiratornog i fonatornog sustava (Reich i sur., 1990) zbog čega se često koristi u kliničkoj praksi u cilju utvrđivanja stupnja disfonije i otkrivanja promjena na razini fonacije (Zraick i sur., 2000). Prema Bakenu (1996) se prosječan frekvencijski raspon glasa mladih muškaraca proteže od 77 Hz do 567 Hz. Bitan utjecaj pri njegovu ispitivanju imaju doba dana i način ispitivanja. O načinu ispitivanja već je bilo riječi, a o dobu dana ispiti-

vanja zna se da je upravo bazalna visina glasa varijabilan parametar jer je u jutarnjem glasu niža (Reich i sur., 1990) što su potvrdili rezultati ovog istraživanja. Na temelju obiju vrijednosti raspona glasa, a to je prosjek od oko 415 Hz, odnosno 30 polutonova, može se zaključiti da je ispitivani uzorak ostvario gornju prosječnu vrijednost - uzmemo li kao normu opće poznatu činjenicu da se prosječni pjevački raspon glasa kreće od dvije do dvije i pol oktave. Međutim, usporedi li se raspon glasa uzorka ovog istraživanja s rezultatima Kitcha i sur. (1996), tada slijedi da su pjevači LADA ostvarili zavidan rezultat. Naime, Kitch i sur. (1996) dobili su frekvencijski raspon glasa desetorice zbornih pjevača-tenora u širini od 245 Hz prije koncertne izvedbe, odnosno 232 Hz poslije koncerta. Ovaj niži raspon glasa možda je rezultat vrlo strogog kriterija gdje su se u analizu uzimali samo estetski prihvatljivi muzički tonovi što je rijetka praksa u ispitivanju ovog parametra. Uzme li se u obzir frekvencijski raspon muškoga glasa kojeg navodi Titze (1994) (Tablica 3), tada je evidentno da je uzorak plesača-pjevača ovog istraživanja ostvario iznadprosječan rezultat pa se može zaključiti da je biomehanička i fiziološka pozadina fonacije i respiracije ispitanika uredna. Spomenimo još neka istraživanja s iznadprosječnim rasponima glasa koja vjerojatno odražavaju ponešto drugačije kriterije vezane za pitanje prihvatljivosti tonova koji se uzimaju u obzir, dakle, u analizu. Morris i sur. (1995) izmjerili su raspon od 36 polutonova u uzorku od 32 nepjevača u dobi od 20 do 55 godina, odnosno od prosječno 40 polutonova u uzorku od 25 pjevača iste dobi. Reich i sur. (1990) ispitivali su maksimalni frekvencijski raspon dvadesetorice muškaraca bez vokalnog treninga i ustanovili raspon glasa od 35 polutonova, a Britto i Doyle (1990) su ispitujući uzorak od 18 mladih muškaraca bez školovanoga glasa utvrdili frekvencijski raspon od 31 polutona. Dakle, rezultati autora variraju i očit ovisi o više faktora (doba dana, vokalni trening, metoda ispitivanja, broj ponavljanja, strogost kriterija kojima se određuje raspon - produkcija svih mogućih tonova ili samo estetski prihvatljivih).

Tablica 3. Približni pjevački rasponi muškoga glasa (prema Titze, 1994)

Kategorija glasa	Najniži ton / Hz	Najviši ton / Hz
Bas	E ₂ / 82.4	E ₄ / 329.6
Bariton	G ₂ / 98	G ₄ / 392
Tenor	C ₃ / 130.8	C ₅ / 523.3

Napomena: U indeksiranju muzičkih tonova, autor se koristio američkom nomenklaturom.

Promjene intenziteta i HNR

Dobivene vrijednosti intenziteta glasa govore u prilog izraženosti ovog vokalnog parametra. Izrazit *habitualni intenzitet* može biti opasan za zdravlje glasa jer se temelji na povećanoj tenziji larinksa i produljenoj zatvornoj fazi glasnica prilikom njihova titranja što s vremenom može dovesti do mehaničkih promjena njihovih slojeva. U ispitivanom uzorku uzrok ovakvog vokalnog ponašanja mogao bi biti okolinski. Naime, radni prostor je dvorana. U njoj ispitanici ovog istraživanja plešu i pjevaju zorno te uz pratnju orkestra. Razgovori i dogovori kojima prekidaju ples i pjevanje događaju se u istom prostoru čija veličina i arhitektonsko-akustički uvjeti zahtijevaju povišen intenzitet glasa. Stanka ("veliki odmor") za većinu zaposlenih znači boravak u ispreddvoranskom prostoru koji je zadimljen duhanskim dimom i bučan zbog prisustva većeg broja osoba što opet zahtijeva glasnjiji govor. Dodatno, doduše spekulativno objašnjenje, proizlazi iz spoznaja s područja medicine izvođačkih i vokalnih umjetnosti koje ističu profesionalne gubitke sluha upravo kod glazbenika/pjevača, poglavito kada je riječ o onima koji su članovi većih instrumentalnih sastava kao što je to slučaj LADA gdje je svaki plesač-pjevač izložen zvuku ne samo drugih pjevača (zboru), nego i pratećeg orkestra pa ta redovita izloženost povišenim intenzitetima zvuka može s vremenom izazvati profesionalna oštećenja sluha (Benninger, 1994; Sataloff i Sataloff, 1991), a ova opet glasnjiju (habitualnu) vokalizaciju. Već je u metodološkom dijelu naglašeno kako je primijećena izrazitija jakost glasa ispitanika što je opisano kao poželjna

karakteristika u interpretaciji narodnih pjesama jer se tako ističu muževnost i snaga. Osim toga, zahtjev za većom glasnoćom leži i u činjenici da nastupi ovog ansambla često nemaju podršku elektroakustičkih sustava za pojačanje zvuka (sustava za ozvučenje), a zvuk (pjevački glasovi) s pozornica na kojima ansambl nastupa mora biti nosiv i snažan bez obzira jesu li u pitanju manji ili veći dvoranski prostori, odnosno zatvoreni ili otvoreni prostor. Nadalje, i sama pjevačka tehnika koju ispitanici prakticiraju može biti razlog izrazitijeg habitualnog intenziteta. Riječ je o *brustonalnom pjevanju* (prsni registar) čije su karakteristike upravo jača glasnoća i prodornost glasa. Za razliku od opernog, ovo je pjevanje, dakle, (samouko) pjevanje izvornih narodnih pjesama, bliže govornom foniranju pa se za razliku od opernog pjevanja nerijetko opisuje kao *pjevanje iz grla* ili *grleno pjevanje*. Općenito je u neškolovanih i samoukih pjevača neizdiferencirana fiziološka strategija između govora i pjevanja što rezultira pojačanim fonatornim naporom, poglavito onda kada ovi pjevači ispituju i traže željenu boju glasa i uopće veću vokalnu izražajnost (Feijó i sur., 1999). Tako su Hoit i sur. (1996) ispitivali respiraciju šestorice profesionalnih *country* pjevača te utvrdili kako je ona slična tijekom govora i pjevanja. Cleveland i sur. (1997) na istom su uzorku mjerili subglotički tlak zraka i neke karakteristike glotičkog izvora zvuka. I ovdje su utvrđene vrlo male razlike između govora i pjevanja. Rezultati istraživanja Sundberga i sur. (1999) te Stonea i sur. (1999) također na već spomenutom uzorku šestorice *country* pjevača pokazali su da se govorna i pjevačka fonacija

ovih pjevača gotovo i ne razlikuje, odnosno da između formantskih frekvencija govora i pjevanja ne postoje razlike što upućuje na zaključak da su u obje ove fonatorne aktivnosti uključeni isti artikulacijski mehanizmi.

Zbog izraženog habitualnog intenziteta ispitnika bilo je potrebno povećati udaljenost mikrofona od njihovih usana s prvotno planiranih 20 cm na 40 cm. Intenzitet glasa ispitivanog uzorka, bilo da je riječ o fonaciji u ugodnoj, najnižoj ili najvišoj visini, uvijek premašuje 80 dB. Budući da je udaljenost usana od mikrofona prilikom snimanja faktor zbog kojeg su podaci o intenzitetu glasa relativni, jer primjerice jednaku vrijednost intenziteta (SPL) moguće je dobiti snimanjem udaljenijega glasnoga glasa, ali i mikrofonom bližega tihoga glasa, u ovom je istraživanju naglasak na interpretaciji intenzitetskih međudnosa F_0 u fonaciji na različitim tonskim visinama. Uočljiv je paralelan porast intenziteta glasa u odnosu na porast visine F_0 i taj je odnos uglavnom razumljiv (iako se u pjevanju taj odnos može kontrolirati pa se primjerice visoki tonovi mogu izvoditi vrlo tiho, ali i vrlo glasno). Ovdje se treba nadovezati na varijablu HNR koja je također u izvjesnom odnosu s intenzitetom glasa. Naime, vrijednost HNR paralelno prati vrijednost intenziteta glasa pa je HNR najniži prilikom produkcije najtišega glasa, a to je fonacija na bazalnoj visini glasa, nešto je viši u fonaciji ugodnom visinom i jakošću glasa, a najviša vrijednost HNR postignuta je prilikom najintenzivnije fonacije, a to je produkcija najvišeg mogućeg tona. Osim paralelnog porasta HNR s intenzitetom glasa, očita je, dakle, i povezanost s F_0 . Slične su rezultate dobili Nitttrouer i sur. (1990) ispitujući akustičke parametre laringalne aktivnosti četvorice muškaraca prilikom produkcije vokala u različitim konzontanm kontekstima. Skupina autora istakla je da je vrijednost HNR veća s povišenjem F_0 jer se istodobno smanjuje vrijednost jittera. U ovom istraživanju takav je odnos prisutan na razini fonacije bazalnog i središnjeg tona, ali ne i najvišeg. Međutim, Nitttrouer i sur. (1990) nisu ispitivali jitter i HNR u funkciji frekvencijskog raspona glasa, točnije njegova

gornjeg dijela. Nadalje, negativna povezanost jittera i F_0 poznata je i vrijedi do izvjesne frekvencije unutar koje se ostvaruje govor, dok u pjevačkom rasponu glasa i njegovim gornjim dijelovima još uvijek ne znamo kakav je taj odnos. Istraživanje Verstraetea i sur. (1993) pokazalo je tendenciju povišenja vrijednosti jittera kada je riječ o vrijednostima F_0 iznad habitualne visine govora što potvrđuju rezultati i ovog istraživanja. Međutim, treba naglasiti da su spomenuti autori mjerili odnos F_0 i jittera u uzorku mladih žena te do frekvencije od približno 600 Hz. Vratimo li se rezultatima ovog istraživanja i pokušamo li objasniti biomehaničku pozadinu najviše F_0 za koju su dobiveni najveći intenzitet i najveći HNR, možemo reći da je riječ o fonaciji s povišenim položajem larinksa i općenito povećanoj napetosti vokalnog trakta te većoj aerodinamičkoj sili, tj. subglotičkom tlaku. Frekvenciju, između ostalog, određuje subglotički tlak zraka (Sundberg, 1990; Aronson, 1990). Dapače, njihov je odnos proporcionalan, baš kao što je to slučaj i s intenzitetom (Plant i Younger, 2000; Sundberg, 1995; Aronson, 1990). Dakle, povećanje subglotičkog tlaka zraka rezultira i višom visinom glasa. Tada se zbog povećane tenzije glasnica pojavljuje i veći glotički otpor koji upravo zahtijeva viši subglotički tlak jer jedino tako izazvat će se akcija vibriranja glasnica, dakle, u tom slučaju, proizvodnja viših tonova, ali i većih intenziteta glasa (Boone, 1971).

Vrijednost HNR prije radnog vremena bila je 16.57 dB, a poslije radnoga vremena popela se na 20.07 dB što je statistički značajno različito. Time se ističe da je u glasu pjevača (spektru) veća razlika između tonalnosti i atonalnosti nakon radnog vremena, a to znači da su jasnije izdiferencirani harmonici u odnosu na šum u spektru glasa što se opet može povezati s ranije interpretiranom bazalnom visinom glasa, tj. utjecajem jutarnjega glasa. Općenito se može primijetiti da je vrijednost HNR viša za sve visine foniranja nakon radnog vremena. Dakle, postoji tendencija pozitivne promjene ovog akustičkog parametra u funkciji radnog vremena, tendencija koja je u slučaju najvišeg tona foniranja statistički

značajna. Ovaj akustički parametar (HNR) pokazao se osjetljivim u mjerenju utjecaja koncerta na glas pjevača u istraživanju Kitcha i sur. (1996). Međutim, spomenuta skupina autora dobila je u drugoj vremenskoj točki nižu vrijednost HNR što su autori protumačili kao jedan od pokazatelja vokalnog zamora.

Jitter

Interpretacija vrijednosti jittera i njegova odnosa s HNR načeta je u prethodnom naslovu. Treba dodati da je vrijednost ovog parametra najniža prilikom foniranja na središnjem (ugodnom) tonu, dok za bazalnu visinu glasa prelazi 1%, a to je granična vrijednost iznad koje se sumnja na patologiju. Međutim, u slučaju bazalne visine glasa ta je patologija prividna. Već je ranije spomenut fenomen jutarnjega glasa i jutarnje bazalne visine glasa čije su karakteristike niža F_0 te općenito veća nestabilnost što je rezultat opuštenosti laringalnog mišićja koje se tjelesnim i vokalnim aktivnostima tek treba ugrijati i "razbuditi". Stoga je i jitter dobiven za jutarnju bazalnu visinu glasa nešto viši nego u drugoj vremenskoj točki. Nadalje, viša vrijednost jittera za bazalnu visinu glasa u odnosu na središnji ton može se protumačiti i samim odnosom F_0 i jittera. Dosadašnje spoznaje o jitteru govore o njegovoj negativnoj korelaciji s F_0 pa dublji glasovi, dakle, glasovi s nižom F_0 , tendiraju višim vrijednostima jittera i obratno (Orlikoff, Baken, 1990) pri čemu taj odnos vrijedi do izvjesne frekvencijske granice unutar kojih su one o kojima se upravo raspravlja. Vrijednosti jittera za najviši mogući ton foniranja različite su s obzirom na vrijeme snimanja uzoraka glasova. Prije radnog vremena utvrđen je jitter u vrijednosti 1.66%, a poslije radnog vremena 0.70%. Dakle, čini se kao da je radno vrijeme pozitivno djelovalo na ovu varijablu. Ta razlika, međutim, nije statistički značajna i to zbog velike standardne devijacije u prvoj vremenskoj točki mjerenja. U drugom mjerenju vrijednost jittera vratila se u normalu, a standardna devijacija pokazuje koliko se ovaj akustički parametar homogenizirao i postao stabilniji nakon radnog vremena. I ovdje se vrije-

dnost jittera u prvoj vremenskoj točki može promatrati kao karakteristika jutarnjega glasa. U terminologiji vokalne pedagogije kazalo bi se da je ujutro teže postići dobru intonaciju i stabilan glas.

Trajanje početnog tranzijenta

Prosječna vrijednost vremena utitravanja, tj. trajanje početnog tranzijenta, važan je parametar koji ukazuje i na kvalitetu vokalne atake. Riječ je o vremenskom intervalu između početka fonacije i trenutka u kojem amplituda zvučnog vala postigne stabilnost (Baken, 1996). U ovom je istraživanju u fonaciji vokala /a/ ugodnom visinom i glasnoćom dobiveno prosječno trajanje od 0.08 s prije radnoga vremena, odnosno 0.103 s poslije radnog vremena. U oba slučaja riječ je o šuškovoj ataci čiji se raspon kreće od 0.065 s do 0.243 s (Koike, 1967 - prema Baken, 1996). Šušakava ataka upućuje na neadekvatnu addukciju glasnica što rezultira istjecanjem veće količine zraka već i prije same emisije glasa (Seikel i sur., 1997), dakle, izvjesnom šumnom kvalitetom glasa. Usporedi li se ovaj akustički parametar, koji upućuje na stanovitu šumnost, s vrijednostima varijable HNR čija vrijednost općenito ističe prisutnost šuma, moguće je uočiti relativno nisku vrijednost HNR (varijabla F_0 -HNR) uzme li se u obzir visok intenzitet foniranja (varijabla F_0 -INT).

Maksimalno vrijeme fonacije

Maksimalno vrijeme fonacije uzorka nije se značajno promijenilo nakon radnog vremena. S jutarnjih 29.7 s poraslo je na 31.4 s. Ove su vrijednosti u gornjem prosjeku maksimalnog vremena fonacije odraslih muškaraca, no budući da je u ovom istraživanju riječ o vokalnim profesionalcima, tada se o dobivenim vrijednostima može govoriti kao o prosječnim.

Zaključak

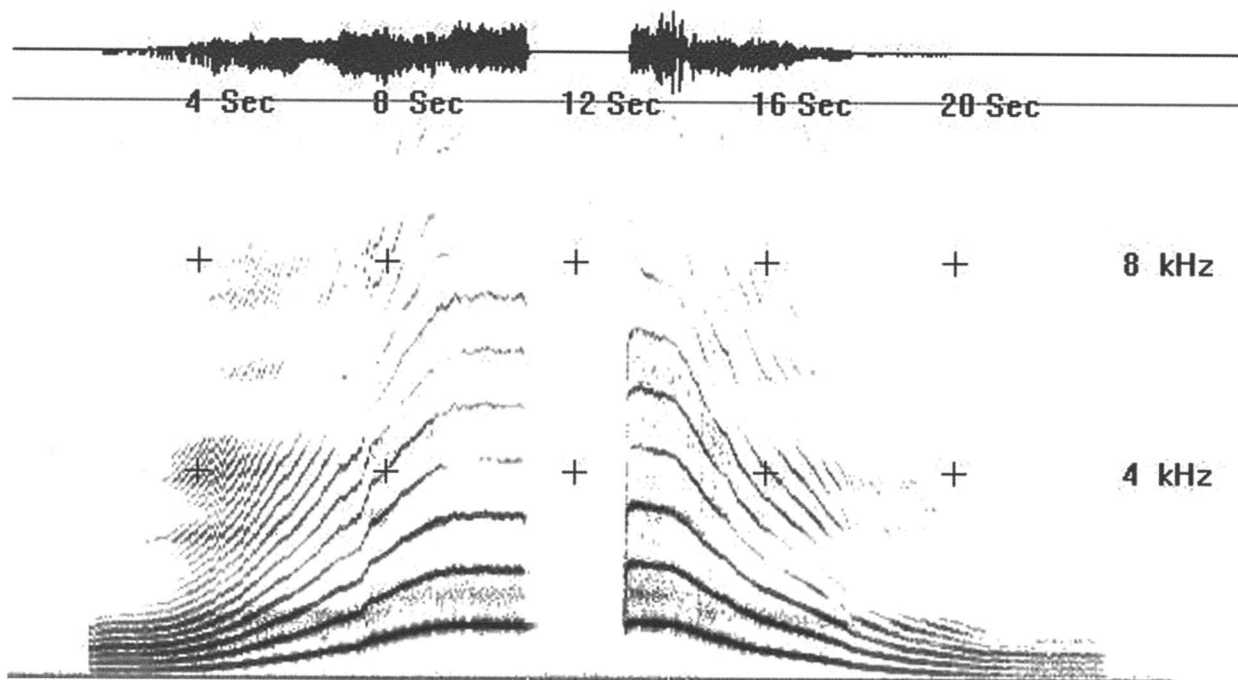
Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj radnog vremena na glas profesionalnih plesača-pjevača. To je učinjeno akustičkom analizom glasova

desetorice muškaraca, prije i poslije radnog vremena. Ispitani su najniža, središnja i najviša F_0 , zatim jitter, intenzitet i HNR za najnižu, središnju i najvišu F_0 te frekvencijski raspon glasa, trajanje početnog tranzijenta i maksimalno vrijeme fonacije. Rezultati osnovne statistike pokazali su da su glasovi ispitanika u većini mjerenih parametara uglavnom prosječni. Osebnim se istakao intenzitet glasa čija povišena vrijednost ukazuje na izražen habitualni intenzitet. Kada je riječ o utjecaju radnog vremena, t-testom za male zavisne uzorke utvrđene su razlike samo u bazalnoj visini glasa (najdubljem tonu foniranja) te HNR na najvišem tonu foniranja. Iako su se nakon radnog vremena očekivali mogući pokazatelji vokalnog zamora, uspoređivanjem prosječnih vrijednosti promatranih varijabli uočljivo je da su se njihove vrijednosti pomaknule uglavnom u pozitivnom smjeru sugerirajući poboljšanu fonatornu aktivnost nakon radnog vremena. Međutim, ovakav bi zaključak mogao biti pogrešan i potreban je oprez prilikom interpretacije dobivenih rezultata. Statistički značajna razlika u vrijednosti bazalne visine glasa ukazala je na moguć utjecaj jutarnjega glasa zbog čega vrijednosti akustičkih parametara mjerenih prije radnog vre-

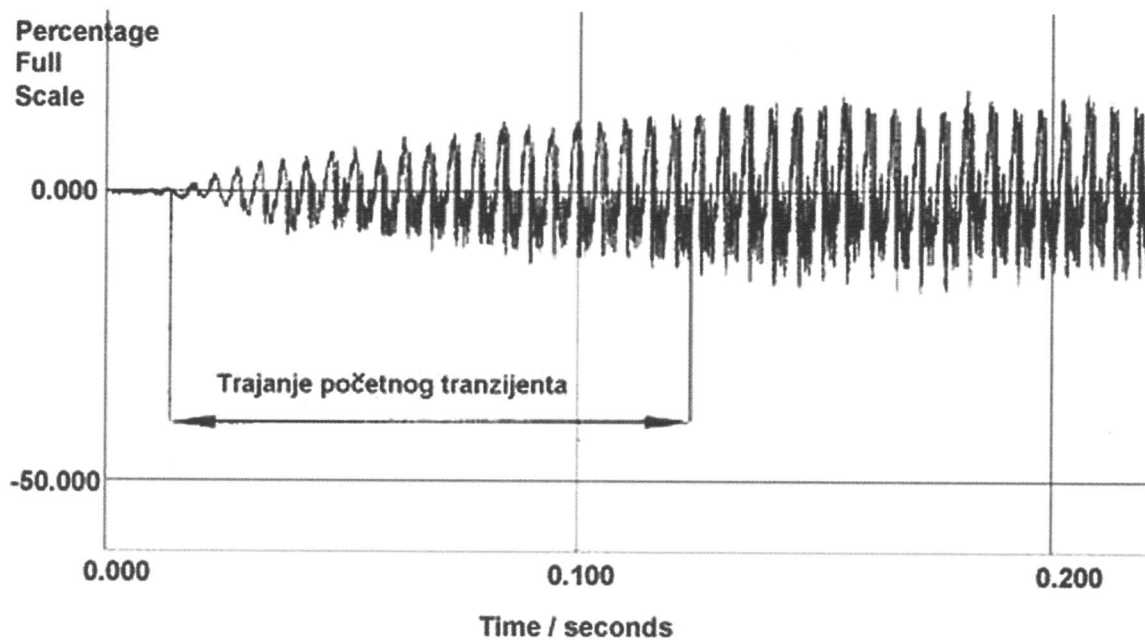
mena odražavaju manju stabilnost glasa, odnosno veću varijabilnost mjerenih varijabli što pokazuje i uglavnom veće standardne devijacije. Istodobno se vrijednosti ovih varijabli nisu značajno promijenile nakon radnog vremena što opet može biti kontaminirano, ali u ovom slučaju upravo vokalnim zamorom kojega se željelo utvrditi. Dakle, s jedne strane utjecaj jutarnjega glasa, a s druge strane utjecaj vokalnog zamora, mogli su se međusobno neutralizirati te tako onemogućiti utvrđivanje utjecaja radnog vremena na glas plesača-pjevača. Naravno, ovu bi hipotezu trebalo testirati u budućim istraživanjima gdje bi se glasovi snimali i analizirali u tri vremenske točke - prije i poslije radnog vremena, ali i unutar njega, a to znači neposredno nakon tjelesnog treninga i upjevavanja, dakle, kada glas, a time i objektivni vokalni parametri, postignu stabilnost. Na taj način izmjerio bi se stvaran učinak radnog vremena, ali i učinak upjevavanja.

NAPOMENA: Autorica zahvaljuje ansamblu *LADO* za suradnju te *Hrvatskoj Glazbenoj Uniji* čija je novčana potpora omogućila prezentaciju ovog rada na IV. Međunarodnom simpoziju *Vocal Arts Medicine and Voice Care* održanom u Salzburgu (Austrija) od 5.-8. kolovoza 2000.g.

Slika 1. Uskopojasni spektrogramski prilaz uzlaznog i silaznog glissanda



Slika 2. Primjer ekstrakcije početnog tranzijenta iz oscilograma (fonacija vokala /a/)



Literatura

- Aronson, A.E. (1990): Clinical voice disorders. Thieme Inc., New York.
- Baken, J. (1996): Clinical measurement of speech and voice. Singular Publishing Group, Inc., San Diego/London.
- Boone, D.R. (1971): The voice and voice therapy. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Benninger, M.S. (1994): Medical disorders in the vocal artist. U: Benninger, M.S., Jacobson, B.H., Johnson, A.F. (Ur.): Vocal arts medicine - The care and prevention of professional voice disorders. Thieme Medical Publishers, Inc., New York, 177-216.
- Britto, A.I., Doyle, P.C. (1990): A comparison of habitual and derived optimal voice fundamental frequency values in normal young adult speakers. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 55, 476-484.
- Brodnitz (1953): Keep your voice healthy - A guide to the intelligent use and care of the speaking and singing voice. Harper and Brothers Publishers, New York.
- Cleveland, T., Stone, R., Sundberg, J., Iwarsson, J. (1997): Estimated subglottal pressure in six professional country singers. *Journal of Voice*, 11, 403-409.
- Cooper, M. (1973): Modern technique of vocal rehabilitation. Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois, USA.
- Feijó, A., Moschetti, M., Steffen, N. (1999): Laryngeal and vocal analysis of gaucho "folk singers". U: Dejonckere, Ph. (Ur.): Proceedings 24th Congress IALP - Communication and its disorders: A science in progress. Nijmegen University Press, vol. I, 23-25.
- Greene, M.C.L., Mathieson, L. (1991): The voice and its disorders. Whurr Publishers, London-New Jersey.
- Hess, M., Ludwigs, M. (2000): Is back-stage stroboscopy possible? - The portable stroboscope. IV. International Symposium Vocal Arts Medicine and Voice Care. 5.-8. kolovoza, 2000., Salzburg/Austrija.
- Hoit, J., Jenks, C., Watson, P., Cleveland, T. (1996): Respiratory function during speech and singing in professional country singers. *Journal of Voice*, 10 (1), 39-49.
- Kitch, J.A., Oates, J., Greenwood, K. (1996): Performance effects on the voices of 10 choral tenors: Acoustic and perceptual findings. *Journal of Voice*, 10 (3), 217-227.
- Kovačić, G., Heđever, M., Buđanovac, A. (2000): Utjecaj vokalne probe na akustičke karakteristike glasa profesionalnih pjevača. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 36 (2), 137-144.
- Lawrence, V.L. (1983): Vocal problems of the professional user of voice. *Seminars in Speech and Language*, 4 (3), 233-245.
- Morris, R.J., Brown, W.S., Jr., Hicks, D.M., Howell, E. (1995): Phonational profiles of male trained singers and nonsingers. *Journal of Voice*, 9 (2), 142-148.
- Nittrouer, S., McGowan R.S., Milenkovic, P.H., Beehler, D. (1990): Acoustic measurements of men's and women's voices: A study of context effects and covariation. *Journal of Speech and Hearing Research*, 33, 761-775.
- Novak, A., Dlouha, O., Capkova, B., Vohradnik, M. (1991): Voice fatigue after theater performance in actors. *Folia Phoniatica*, 43, 74-78.
- Orlikoff, R.F., Baken, R.J. (1990): Consideration of the relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter. *Folia Phoniatica*, 42, 31-40.
- Pela, S., D'Ávila, C., Behlau, M. (1999): Pre and post vocal warm-up and cool-down exercises: Auditory and perceptual analysis in choral singers. U: Dejonckere, Ph. (Ur.): Proceedings 24th Congress IALP - Communication and its disorders: A science in progress. Nijmegen University Press, vol. I, 348-349.

- Plant, R.L., Younger, R.M. (2000): The interrelationship of subglottic air pressure, fundamental frequency, and vocal intensity during speech. *Journal of Voice*, 14 (2), 170-177.
- Reich, A.R., Frederickson, R.R., Mason, J.A., Schlauch, R.S. (1990): Methodological variables affecting phonational frequency range in adults. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 55, 124-131.
- Sataloff, R.T., Sataloff, J. (1991): Hearing loss in singers. U: Sataloff, R.T. (Ur.): *Professional voice - The science and art of clinical care*. Raven Press, New York, 219-240
- Seikel, J.A., King, D.W., Drumright, D.G. (1997): *Anatomy and physiology for speech and language*. Singular Publishing Group, Inc., San Diego-London.
- Stone, R.E., Jr., Cleveland, T., Sundberg, J. (1999): Formant frequencies in country singers' speech and singing. *Journal of Voice*, 13 (2), 161-167.
- Sundberg, J. (1990): What's so special about singers? *Journal of Voice*, 4 (2), 107-119.
- Sundberg, J. (1995): Vocal fold vibration patterns and modes of phonation. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 47, 218-228.
- Sundberg, J., Cleveland, T.F., Stone, R.E., Jr., Iwarsson, J. (1999): Voice source characteristics in six premier country singers. *Journal of Voice*, 13 (2), 168-183.
- Titze, I.R. (1994): *Principles of Voice Production*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Van Riper, C., Irwin, J.V. (1958): *Voice and articulation*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Verstraete, J., Forrez, G., Mertens, P., Debruyne, F. (1993): The effects of sustained phonation at high and low pitch on vocal jitter and shimmer. *Folia Phoniatica*, 45, 223-228.
- Zraick, R.I., Nelson, J.L., Montague, J.C., Monoson, P.K. (2000): The effect of task on determination on maximum phonational frequency range. *Journal of Voice*, 14 (2), 154-160.

The influence of working time on the voice of professional dancers-singers: acoustic analysis of the voice before and after working hours

Abstract

The purpose of the study was to investigate the influence of working hours on the voice of professional dancers-singers by means of acoustic analysis. Ten male subjects were investigated (average age 31, years of working experience 8.5). The voice recordings were made before and after working time, that is, between 8.45-9.30 am and between 1.45-2.30 pm, respectively. The results of the descriptive statistics revealed some general characteristics of the subjects' voices where habitual voice loudness proved to be remarkable. The findings of the T-test for small dependent samples showed that only the fundamental frequency (F0) at lowest phonational pitch (basal pitch of the voice) and harmonic-to-noise ratio (HNR) at highest pitch changed significantly, both in the direction of optimization. Even though the findings did not demonstrate the changes of the voice in the function of working time, one must be cautious in data interpretation. The discussable matter may be the fact that the data related to voice recordings before the working time were based on morning voice thus making it possible for the measured parameters to be contaminated with this particular factor; so evaluation of the actual acoustic indicators of the voice deterioration was not achievable. However, this hypothesis needs to be tested in future studies where the voice is to be recorded and analyzed in three time points - before and after working hours, but also inbetween, after body and vocal warm-up, that is, when the voice achieves its stability. According to this hypothesis, not only the influence of actual working hours, but also of vocal warm-up, could be measured.

Key words: morning voice, basal pitch of the voice, F_0 , jitter, HNR, (habitual) voice loudness, frequency phonational range