

STRATEGIE POSLECHOVÉHO HODNOCENÍ REZONANCE HLASU

Marek Frič

1 Úvod

Definice používané ve vokologické literatuře (VERDOLINI a kol., 1998; TITZE, 2004; SMITH a kol., 2005) popisují rezonovaný hlas jako souhrn vlastností: 1) percipovaný jako dobře nosný, 2) lehce tvořený, 3) přiměřeně hlasitý, 4) s pocitem vibrací v oblasti tváře. Akustické interpretace tvorby rezonovaného hlasu se opírají o teorie vytváření specifických formantů jako pěvecký (SUNDBERG, 1974; SUNDBERG, 2001) nebo řečnický formant (BELE, 2006; LEINO a kol., 2011), nebo jako efekt ladění prvních dvou vokalických formantů na nejbližší harmonické složky (TITZE, 2001; TITZE, 2004).

Předchozí studie autora ukazují taky na zvýšení prevalence efektu ladění 2. vokalického formantu u vokálu „u“ v následku jednoduchého rezonančního cvičení (FRIČ a KUČERA, 2012) zároveň se zvýšením celkové SPL, hladiny první harmonické složky a oblasti pěveckého, resp. řečnického formantu, společně se snížením složek amplitudové a periodické nestability. Při vyhodnocování rezonance zpěvního hlasu (FRIČ, 2013) se jako zásadní ukázalo zvýšení hladin první harmonické složky a hladin pásma pěveckého formantu.

V návaznosti na uvedené předchozí studie byla provedena psycho-akustická studie podrobněji se zabývající efektem rezonančních cvičení při hlasovém tréninku budoucích hlasových terapeutů.

2 Metody

Nahrávky hlasu a elektroglografického signálu byly pořízeny pomocí Laryngograph D-200 (zvukový signál byl snímáný kondenzátorovým mikrofonom Sennheiser ME 2-US). Dvanáct žen bylo nahráno v rámci Certifikovaného kurzu s udělenou akreditací MZ ČR pro klinické logopedy: „Praktický kurz hlasové rehabilitace a reedukace v Opočně“. Nahrávky byly provedeny v tiché místnosti na začátku kurzu a následně po 15 týdnech na konci kurzu.

Pro poslechové testy byly ručně vystřiženy středové části nahrávek prodloužené fonace vokálů „A“, „I“, a „U“ v délce jedné vteřiny při cvičení postupného zvyšování a následně snižování intenzity hlasu ve 3 dynamických úrovních při definované výšce hlasu 220 Hz (malé a, A3) při snaze o vytvoření rezonovaného hlasu.

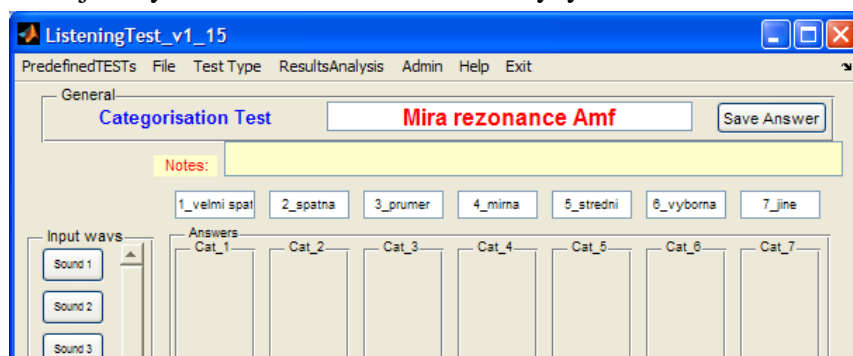
Percepční poslechové hodnocení bylo provedeno v autorem připraveném programu ListeningTest v prostředí MATLAB®. Pro hodnocení míry rezonance byly vybrány nahrávky v střední dynamice hlasu. Pro každý vokál byl test prováděn samostatně, hodnocení se zúčastnilo 5 posluchačů. Každý posluchač byl absolventem výše uvedeného kurzu, tři hodnotitelé měli zároveň i pěvecký trénink, ostatní dva se specializovali jenom na terapii mluvního hlasu. Hodnoceno bylo 22 vokálů „A“, 27 vokálů „I“ a 21 vokálů „U“. Cílem testu bylo rozdělit předkládanou skupinu vokálů do 6 sloupců odpovídající 6 stupňů míry rezonance vokálů (velmi špatná, špatná, průměrná, střední, výborná), uspořádání testu umožňovalo se vracet mezi hodnoceními různých vokálů a mezi sebou je porovnávat.

Reliabilita hodnocení poslechových testů byla hodnocena pomocí ICC1 (interclass correlation) koeficientu - Cronbachova alfa. Výsledná hodnocení jednotlivých stimulů byla vypočtena jako průměr v případě normálního rozložení všech hodnocení daného stimulu, v opačném případě jako medián. Pro analýzu strategií hodnocení rezonance byla použita

faktorová analýza, z jejichž výsledních grafů vlastních hodnot (eigenvalues) byl stanoven nejmenší možný počet různých faktorů hodnocení na základě zlomového bodu v uvedeném grafu. Pro takto zjištěný počet faktorů bylo vypočteno výsledné skóre hodnocení pro každý stimul.

Akustická analýza byla provedena v programu RealVoiceLab, kde byly pro celkové vystřižené vokály vypočteny průměrné FFT a harmonická spektra (pro segmenty délky 40 ms s posunem 10 ms), celkové LPC spektra a průměrné hodnoty spektrálních parametrů. Perturbační analýza byla provedena na převzorkovaných vokálech na 10 kHz pomocí programu KayPENTAX MDVP (KAYPENTAX, 2008).

Výsledné hodnoty akustických parametrů a spekter jednotlivých analyzovaných pásem byly korelovány pomocí Pearsonovy korelace s výslednými hodnotami hodnocení rezonance a výslednými skóre zjištěnými na základě faktorové analýzy.



Obrázek 1. Grafické rozhraní poslechového testu pro kategorické hodnocení míry rezonance.

3 Výsledky

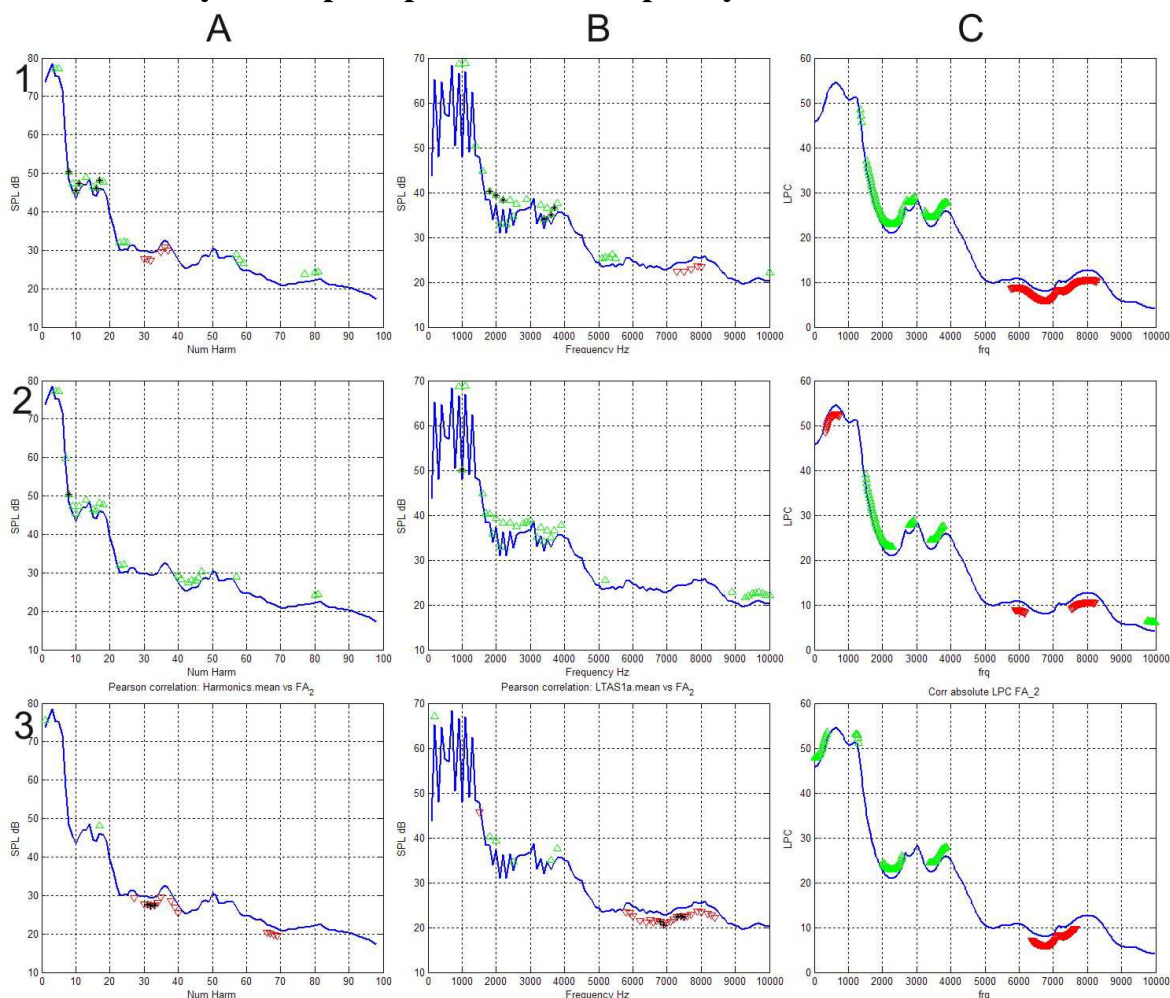
Shoda mezi hodnotiteli byla středně dobrá u vokálu „U“ (0,707), velmi dobrá u „A“ (0,842) a výborná u vokálu „I“ (0,909).

Tabulka 1. Faktorová analýza hodnocení míry rezonance v škálovacích testech pro vokály A, I a U. jednotlivý hodnotící jsou označení Z – pěvecký trénink, T – terapeutický trénink. Fa1 a Fa2 jsou faktory hodnocení na základě faktorové analýzy.

Vok.	A		I		U	
Hodn.	Fa1	Fa2	Fa1	Fa2	Fa1	Fa2
ZT1	0.468	0.724	0.824	0.485	0.834	0.361
ZT2	0.079	0.926	0.906	0.208	0.903	0.254
ZT3	0.754	0.424	0.7616	0.434	0.797	-0.090
T4	0.8384	0.265	0.350	0.894	0.475	0.723
T5	0.9264	0.056	0.316	0.892	-0.028	0.936
% var	61.26	79.790	73.96	87.23	57.08	79.50

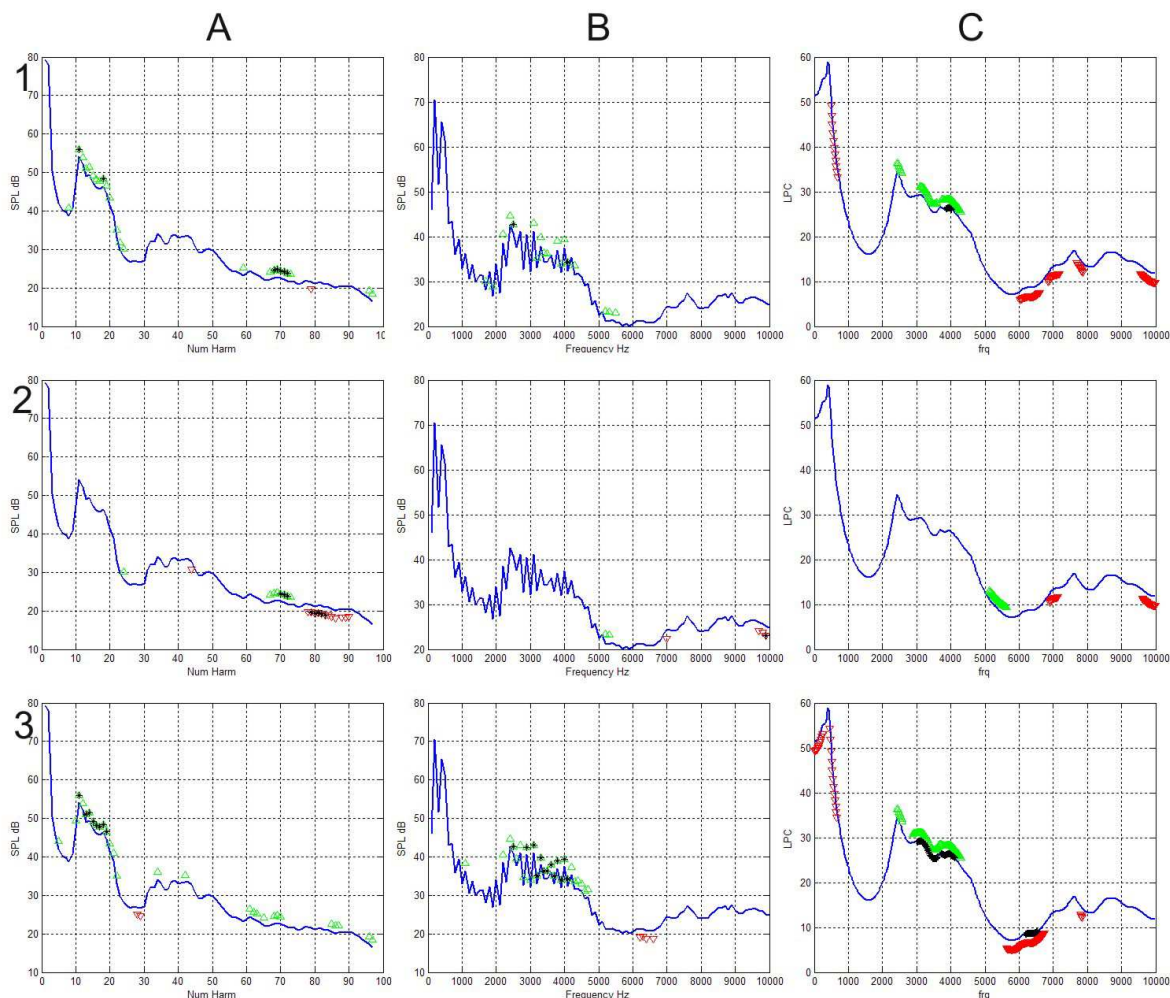
Faktorová analýza hodnocení 5 hodnotitelů škálovacího testu míry rezonance (viz Tabulka 1) ukázala, že optimální dělení 5 hodnotitelů bylo vždy do 2 skupin. Při hodnocení vokálu „A“ byly v prvním faktoru zahrnuti všichni hodnotitelé zabývající se jenom terapií hlasu a jeden i se zpěvním tréninkem. U vokálů „I“ a „U“ byly v prvním faktoru zastoupeni vždy jenom hodnotitelé se zpěvním tréninkem a v druhém faktoru hodnotitelé zabývající se výhradně terapií mluvního hlasu.

3.1 Korelace výsledků percepčních testů se spektry



Obrázek 2. Korelace hladin harmonického (A sloupec), FFT (sloupec B) a LPC (sloupec C) spektra s mírou rezonance u vokálu „A“. Řádky označují skupiny hodnotitelů: 1. řádek – výsledné celkové hodnocení, 2. řádek – hodnocení na základě skóre prvního faktoru faktorové analýzy (skupiny hlasových terapeutů), 3. řádek – hodnocení na základě skóre druhého faktoru faktorové analýzy (skupiny s pěveckým tréninkem).

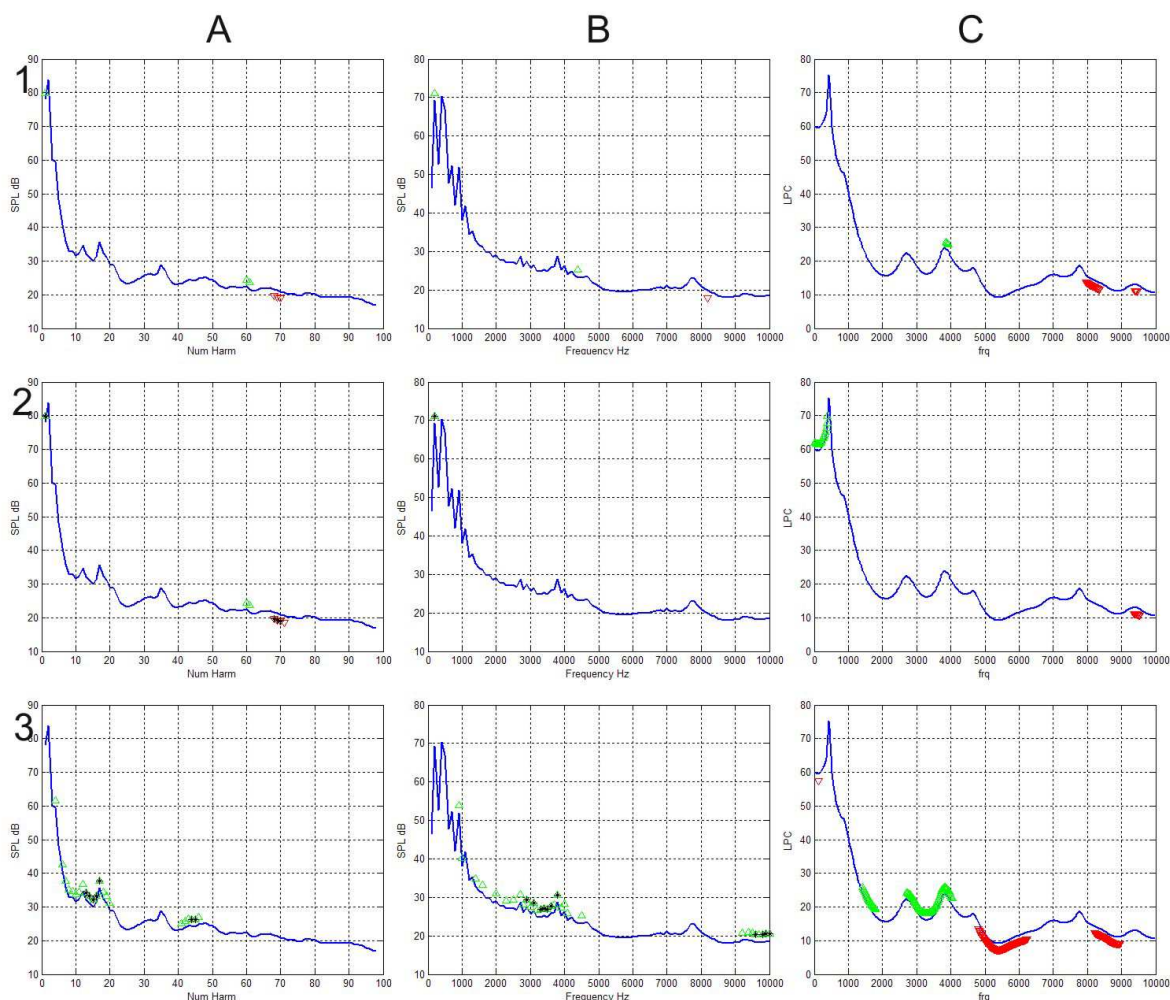
Výsledky korelace naměřených hladin harmonických, FFT a LPC spekter s hodnocením míry rezonance zobrazuje Obrázek 2. První řádek zobrazuje korelaci s výsledným hodnocením míry rezonance všech 5 hodnotitelů, výsledky ukazují významné kladné korelace v oblasti 1 kHz (4-5 harmonická), v oblasti 1,8-4 kHz (9-18 harmonická) a v oblasti 5-5,5 kHz. Negativní korelace byla zjištěna v pásmu 7,2-8,0 kHz. Druhý řádek objasňuje korelace s prvním faktorem výsledku faktorové analýzy hodnotitelů, který tvořili zejména hlasoví terapeuti. Výsledky dokumentují, že terapeuti hodnotili rezonanci hlasu v kladném smyslu při zesílení pásma 2-4 kHz a negativně při zesílení pásma prvního formantu a pásem v okolí 6 a 8 kHz (z LPC spekter). V třetím řádku je korelace spekter s druhým faktorem (hodnocením skupiny s pěveckým tréninkem), kteří kladně hodnotili rezonanci při zesílení první harmonické složky a negativně při zesílení pásma 6-8,5 kHz.



Obrázek 3. Korelace hladin harmonického (A sloupec), FFT (sloupec B) a LPC (sloupec C) spektra s mírou rezonance u vokálu „I“. Řádky označují skupiny hodnotitelů: 1. řádek – výsledné celkové hodnocení, 2. řádek – hodnocení na základě skóre prvního faktoru faktorové analýzy (skupiny s pěveckým tréninkem), 3. řádek – hodnocení na základě skóre druhého faktoru faktorové analýzy (skupiny hlasových terapeutů).

U vokálu „I“ (viz Obrázek 3) bylo celkové výsledné hodnocení rezonance spojováno s nárůstem hladin v oblasti 2-4 kHz (zejména hladinou 10-20 harmonické složky), pak negativně se zesílením pásma do 0,8 kHz a pásem 6-8 kHz (z LPC spekter). Pěvecky trénovaní hodnotitelé (druhý řádek – faktor 1 hodnocení) spojovali rezonanci se zesílením pásma těsně nad 5 kHz, a potlačením spektra v oblasti 9,5-10 kHz. Hodnocení hlasových terapeutů korelovalo se zesílením oblastí 2-4 kHz, ale taky s potlačením pásma 0-0,8 kHz a 5,5-7 kHz v LPC spektrech.

Výsledné celkové hodnocení míry rezonance u vokálu „U“ (viz Obrázek 4) korelovalo kladně s hladinou první harmonické složky, oblastí 4,5 kHz, v LPC spektrech negativně oblastí 6 a 8 kHz. Skupina s pěveckým tréninkem spojovala rezonanci hlasu zejména s první harmonickou, terapeuti s vyšší hladinami v oblasti 2-4 kHz a v LPC spektrech negativně s oblastí 5-6 kHz a 8-9 kHz.



Obrázek 4. Korelace hladin harmonického (A sloupec), FFT (sloupec B) a LPC (sloupec C) spektra s mírou rezonance u vokálu „U“. Řádky označují skupiny hodnotitelů: 1. řádek – výsledné celkové hodnocení, 2. řádek – hodnocení na základě skóre prvního faktoru faktorové analýzy (skupiny s pěveckým tréninkem), 3. řádek – hodnocení na základě skóre druhého faktoru faktorové analýzy (skupiny hlasových terapeutů).

3.2 Korelace akustických parametrů

Korelace akustických parametrů s hodnocením míry rezonance (viz Tabulka 2) ukazuje významný podíl korelace u spektrálních parametrů, které značí posílení hladin vyšších spektrálních složek (SPI, VTI, ER, SPR, Alfa, COGamp, LFSH, THilt4k4, CP~1) a taky s poklesem zesílení prvního formantu (A1) u vokálu „A“ a „I“, resp. zesílení 4. formantu (A4) u vokálů „I“ a „U“. Tyto vztahy byly zároveň pozorovány s hodnocením skupiny terapeutů. Parametry popisující frekvenční perturbace (odvozeny od Jitter) korelovali v negativním smyslu u vokálů „I“ a „U“ to zejména s hodnocením skupiny terapeutů. Naopak významné korelace s amplitudovými perturbacemi byly zaznamenány jenom u vokálu „U“ a to jenom v negativním smyslu s hodnocením pěvecky školené skupiny.

4 Diskuse

Výsledky poslechových testů škálovacího testu hodnocení míry rezonance ukazují, že hodnotitelé na základě svých hodnocení bylo možno rozdělit do dvou skupin. Každá skupina

byla tvořena buď dvěma ze tří hodnotitelů s pěveckým tréninkem, nebo dvěma hodnotiteli bez pěveckého tréninku.

Tabulka 2. Pearsonova korelace s průměrným hodnocením míry rezonance jednotlivých vokálů a faktorovými hodnotami (factor scores) hodnocení rezonance z výsledků faktorové analýzy.

Vok.	A			I			U		
	Prům.	Fa1	Fa2	Prům.	Fa1	Fa2	Prům.	Fa1	Fa2
SPL	0.57*	0.57*					0.52		
SPI	-0.8**	-0.7**		-0.67**		-0.81**			-0.69**
VTI	0.66**	0.66**		0.48		0.72**		-0.47	
ER	-0.76**	-0.69**		-0.69**		-0.81**			-0.79**
SPR	0.72**	0.67**		0.69**		0.73**	0.59*		0.86**
Alfa	0.49	0.55*		0.72**		0.81**		-0.46	0.43
A1	-0.71**	-0.74**		-0.5*		-0.61**	-0.47		
A4				0.69**		0.66**	0.55*		0.75**
COGamp	0.55*	0.7**		0.7**	0.43	0.58*			
LFSH	0.69**	0.64*		0.7**		0.77**	0.66*		0.86**
THtílt				0.49*		0.72**			0.45
THtílt4k4	0.72**	0.68**		0.65**		0.79**	0.51		0.66*
CP~1	0.48			0.63**	0.4	0.5*			0.57*
Jita				-0.62**	-0.38	-0.49*	-0.46		-0.49
Jitt				-0.62**	-0.39	-0.49*	-0.43		-0.47
RAP				-0.62**	-0.39	-0.49			-0.48
PPQ				-0.62**	-0.4	-0.48	-0.44		-0.45
sPPQ				-0.52*		-0.44	-0.63*	-0.63*	
vFo				-0.52*		-0.45	-0.68**	-0.55*	
ShdB								-0.65*	
Shim								-0.63*	
APQ							-0.44	-0.71**	
sAPQ	0.43	0.5					-0.66*	-0.64*	
vAm						-0.39	-0.66*	-0.68**	

Ze spektrální analýzy se taky potvrdilo, že kromě vokálu „I“ byla obecně rezonance hlasu spojována s nárůstem hladiny první harmonické složky a zároveň s nárůstem hladin v oblasti pěveckého, resp. řečnického formantu. Tyto výsledky potvrzují i výsledky hodnocení rezonance u zpěvu z předchozí studie (FRÍČ, 2013). Dále se ukázalo, že s hladinou první harmonické složky spájela rezonanci hlavně skupina hodnotitelů s pěveckým tréninkem, skupina terapeutů zase hlavně s nárůstem hladin v oblasti 2-4 kHz.

Korelace akustických parametrů popisující spektrální charakteristiky potvrdila významný vliv oblasti pásma 2-4 kHz na hodnocení rezonance hlasu, ukazuje se však odlišná významnost mezi jednotlivými vokály. Proto je nutno uvažovat, že základní akustické vlastnosti odlišných vokálů, jako je například šířka spektra a vyzářování (u vokálu „U“ je nejvíce omezeno vyzářování úst) ovlivňují preferované kvalitativní vlastnosti při hodnocení rezonance. Na příkladu parametru zesílení prvního formantu (A1) je možno dokumentovat, že významnost negativní korelace tohoto parametru s hodnocením rezonance hlasu klesá ve směru „A“→“I“→“U“ u hodnocení skupiny terapeutů. Naopak, nárůst významnosti korelace v uvedeném pořadí vokálů stoupá u parametrů popisujících dominanci spektrálního pásma 2-4 kHz (SPR), resp. 4. formantu (A4). Perturbační parametry taky ukázaly odlišné strategie hodnocení mezi vokály i mezi skupinami hodnotitelů. U vokálu „A“ v podstatě perturbační parametry nehrály žádnou roli, U vokálu „I“ bylo parametry periodicity významné v

celkovém hodnocení a méně významné u samotného hodnocení skupiny terapeutů, avšak nesouviselo s hodnocením pěvecké skupiny. Naopak amplitudové perturbace hrály významnou roli při hodnocení rezonance jenom u pěvecky trénované skupiny v případě vokálu „U“.

Tyto výsledky ukazují, že typ vzdělání se zaměřením na zpěvní hlas může změnit strategii hodnocení rezonance hlasu, ukazuje se, že je spojován s vnímáním hladiny první harmonické složky a perturbacemi amplitudy. Dalším možným vysvětlením je, že pěvecká skupina je citlivější na jiný specifický typ rezonance hlasu. Lze předpokládat, že zejména s hodnocením hlavové rezonance. Skupina terapeutů byla v zásadě citlivá na hladinu pásma pěveckého (resp. řečnického) formantu, ale taky sehrála roli i porucha periodicity.

Vyzařovací vlastnosti vokálního traktu se taky ukázaly jako významné mezi jednotlivými vokály. Čím byl vokál uzavřenější narůstala významnost hladiny v oblasti 2-4 kHz u hodnocení terapeutů.

5 Závěr

Hlasová rezonance je jev, který je spojován s vícero akustickými projevy. Citlivost k těmto projevům je pravděpodobně ovlivněná specifickou zkušeností hodnotitele. V předkládané studii se jako významný a obecný projev rezonance hlasu projevil nárůst hladiny pěveckého (řečnického) formantu. Hodnocení rezonance pěvecky trénovanou skupinou se však významně lišil od hodnocení jenom terapeuticky trénované skupiny. Je diskutabilní jestli se jedná o specifickou - například hlavovou - rezonanci preferovanou skupinou zpěváků. Tato rezonance se však projevovala posílením hladiny první harmonické složky. Práce taky ukazuje významný vliv typu vokálu na strategii hodnocení. Ukazuje se že s uzavřeností vokálů narůstá význam hladiny pěveckého formantu a klesá význam zesílení prvního formantu. U vokálů „I“ a „U“ se taky negativně projevují parametry poruchy periodicity resp. amplitudy, a to rozdílně mezi skupinami hodnotitelů.

Poděkování

Tato studie vznikla na Akademii múzických umění v Praze v rámci projektu "Zvuková kvalita" podpořeného z prostředků Institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace, kterou poskytlo MŠMT v roce 2014.

Literatura

BELE I. V. 2006. The speaker's formant, *J Voice*, Vol. 20, No. 4, s. 555-78.

FRIČ M. 2013 Hodnocení rezonance hlasu žen. In *Nové trendy akustického spektra vedecký recenzovaný zborník*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2013. ISBN 978-80-228-2531-3, s. 73-88.

FRIČ M, KUČERA M. 2012 Akustický efekt jednoduchého rezonančního cvičení. In *Novinky ve foniatrii 2012: sborník konference 10. česko-slovenský foniatrický kongres 2012 a XXIII. celostátní foniatrické dny Evy Sedláčkové, Září 13-15, 2012, Praha, Praha: Galén; 2012. ISBN: 978-80-7262-940-4, s. 38-40.*

Multi-Dimensional Voice Program (MDVP), Model 5105 [computer program]. Lincoln Park: KayPentax, A division of PENTAX Medical Company; 2008.

LEINO T., LAUKKANEN A. M., RADOLF V. 2011. Formation of the actor's/speaker's formant: a study applying spectrum analysis and computer modeling, *J Voice*, Vol. 25, No. 2, s. 150-8.

SMITH C. G., FINNEGAN E. M., KARNELL M. P. 2005. Resonant voice: spectral and nasendoscopic analysis, *J Voice*, Vol. 19, No. 4, pp. 607-22.

SUNDBERG J. 1974. Articulatory interpretation of the "singing formant", *J Acoust Soc Am*, Vol. 55, No. 4, s. 838-44.

SUNDBERG J. 2001. Level and center frequency of the singer's formant, *J Voice*, Vol. 15, No. 2, s. 176-86.

TITZE I. R. 2001. Acoustic interpretation of resonant voice, *J Voice*, Vol. 15, No. 4, s. 519-28.

TITZE I. R. 2004. A theoretical study of F0-F1 interaction with application to resonant speaking and singing voice, *J Voice*, Vol. 18, No. 3, s. 292-8.

VERDOLINI K., DRUKER D. G., PALMER P. M., SAMAWI H. 1998. Laryngeal adduction in resonant voice, *J Voice*, Vol. 12, No. 3, s. 315-27.

Summary

Using categorical listening tests, 5 listeners was assessed level of vocal resonance of vowels "A", "I" and "U" of the resonant exercise recordings in 12 women before and after a course of vocal reeducation. Acoustic recordings were analyzed and correlated with the results of listening tests. The results show acceptable to excellent agreement of listeners. Factor analysis, however, showed two different evaluation strategies. The first strategy concerned mainly the group of evaluators with singing training, who were sensitive to the dominance of the first harmonic component. The second strategy was typical for voice therapists and relied on the dominance spectral band of 2-4 kHz. The work also demonstrates a significant influence on the vocal type (openness) on the evaluation strategy.

Contact address

Marek Frič
Hudební a taneční fakulta
Akademie múzických umění v Praze
Malostranské nám. 13
118 00 Praha 1, česká republika
marekfric@centrum.cz
<http://zvuk.hamu.cz/vyzkum/hlas.php>