

## Percepční hodnocení vlastností hlasu se zaměřením na rezonanci

M. Frič<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výzkumné centrum hudební akustiky, HAMU Praha

- **Forma:** E-poster
- **Kategorie:** Hlas

### Úvod

Definice používané ve vokologické literatuře popisují rezonovaný hlas jako souhrn vlastností (Verdolini et al., 1998; Titze, 2004; Smith et al., 2005): 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 et al., 2011), nebo jako efekt ladění prvních dvou vokálních formantů na nejbližší harmonické složky (Titze, 2001; Titze, 2004).

V návaznosti na předchozí studie hodnocení rezonance hlasu při jednoduchém rezonančním cvičení (Frič a Kučera, 2012) a rezonance zpěvního hlasu žen (Frič, 2013) byla provedena studie podrobněji se zabývající efektem rezonančních cvičení při hlasovém tréninku budoucích hlasových terapeutů.

Cílem studie je objasnit percepční strategie hodnocení hlasové rezonance.

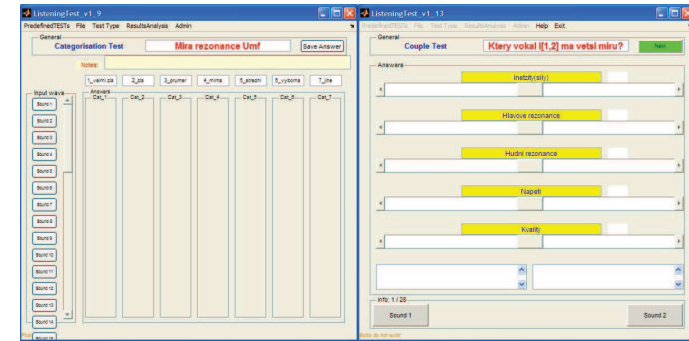
### Metody

Nahrávky hlasu a elektroglotografického signálu byly pořízeny pomocí Laryngograph D-200 (zvukový signál byl snímán 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 vystříženy středové části nahrávek prodloužené fonace vokálů „A“, „I“, „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).

Pro hodnocení rezonance byly vytvořeny 2 typy testů. Pro kategoričkový škálovací test hodnocení míry rezonance byly vybrány nahrávky v střední dynamice hlasu. Pro každý vokál byl test prováděn samostatně, tohoto typu testů se zúčastnilo 5 hodnotitelů. Každý hodnotitel 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“. Hodnocení bylo provedeno v autorem připraveném programu ListeningTest – vytvořeno v prostředí MATLAB®. Cílem testu bylo rozdělit předkládanou skupinu vokálů do 6 sloupců odpovídající 6 stupňů míry rezonance vokálů (velmi zlá, zlá, průměrná, střední, výborná), uspořádání testu umožňovalo se vracet mezi hodnoceními různých vokálů a mezi sebou je porovnávat.

Vzhledem na výsledky předchozího testu byl vytvořen rozšířený poslechový test, který souběžně hodnotil vícero vlastností hlasu a rozlišoval i dva typy rezonance - hrudní a hlavovou, testu se zúčastnilo i více hodnotitelů jenom s pěveckým klasickým tréninkem. Test byl zaměřen na porovnávání nahrávek před a po kurzu (porovnávací testy) pro stejné dynamiky všech typů vokálů. Dvojice stimulů byly sestaveny pro každý subjekt z nahrávky před a po kurzu ze stimulů podobné hladiny akustického tlaku (nesměly se odlišovat o více než 4 dB). Tohoto testu se zúčastnilo celkově 7 hodnotitelů (3 jenom s pěveckým tréninkem, 2 s pěveckým i terapeutickým a 2 jenom s terapeutickým). Porovnávalo bylo 29 dvojic vokálů „A“, 28 dvojic vokálů „I“ a 27 dvojic vokálů „U“. Cílem tohoto testu bylo hodnocení, který z předkládané dvojice zvuků má vyšší míru v 5 vlastnostech: celková intenzita, hlavové rezonance, hrudní rezonance, napětí a celková preferovaná kvalita a zároveň určit i míru rozdílu hodnocené vlastnosti.



**Obrázek 1:** Grafické rozhraní poslechových testů, vlevo - pro kategoričkový škálovací hodnocení míry rezonance, vpravo pro porovnávací testy určení větší míry vlastností celková intenzita, hlavové rezonance, hrudní rezonance, napětí a celková preferovaná kvalita.

### Výsledky

Reliabilita hodnocení poslechových testů byla hodnocena pomocí ICC1 koeficientu (Cronbachova alfa). Pro vyhodnocení konzistence porovnávacích testů, byly původní hodnocení každého hodnotičiho nejdříve normalizovány na hodnoty v intervalu <-1, 1> pomocí vydělení původních hodnot největší absolutní hodnotou v hodnocení konkrétní vlastnosti. Tím způsobem byly porovnány jenom relativní hodnocení hodnotitelů vzhledem na největší pozorované rozdíly. Výsledky pro škálovací test míry rezonance i porovnávací test uvádí Tabulka 1.

**Tabulka 1:** Interklas korelační koeficienty (Cronbachova alfa) vzájemně schody hodnotitelů v jednotlivých testech, počty hodnotitelů a typ testu.

| Vokál             | Poč. hodnot. | Typ testu   | ICC1 A | ICC1 I | ICC1 U |
|-------------------|--------------|-------------|--------|--------|--------|
| Míra rezonance    | 5            | škálovací   | 0.842  | 0.909  | 0.770  |
| Intenzita         | 7/7/6        | porovnávací | 0.831  | 0.890  | 0.900  |
| Hlavová rezonance | 7/7/6        | porovnávací | 0.370  | 0.689  | 0.798  |
| Hrudní rezonance  | 7/7/6        | porovnávací | 0.474  | 0.555  | 0.678  |
| Napětí            | 7/7/6        | porovnávací | -0.157 | 0.653  | 0.796  |
| Kvalita           | 7/7/6        | porovnávací | 0.302  | 0.618  | 0.773  |

Shoda 5 hodnotitelů byla středně dobrá u vokálu „U“, velmi dobrá u „A“ a výborná u vokálu „I“. Porovnávací test ukázal průměrně nejlepší shodu při hodnocení Intenzity a nejhorší při hodnocení napětí hlasu

**Tabulka 2:** Faktorová analýza hodnocení míry rezonance v škálovacích testech pro vokály A, I a U. jednotlivé hodnotiči jsou označeni Z – pěvecký trénink, T – terapeutický trénink. F1 a F2 jsou faktory hodnocení na základě faktorové analýzy.

| Vok.  | A             |              | I             |              | U            |              |
|-------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|       | F1            | F2           | F1            | F2           | F1           | F2           |
| ZT1   | 0.468         | <b>0.724</b> | <b>0.824</b>  | 0.485        | <b>0.834</b> | 0.361        |
| ZT2   | 0.079         | <b>0.926</b> | <b>0.906</b>  | 0.208        | <b>0.903</b> | 0.254        |
| ZT3   | <b>0.754</b>  | 0.424        | <b>0.7616</b> | 0.434        | <b>0.797</b> | -0.090       |
| T4    | <b>0.8384</b> | 0.265        | 0.350         | <b>0.894</b> | 0.475        | <b>0.723</b> |
| T5    | <b>0.9264</b> | 0.056        | 0.316         | <b>0.892</b> | -0.028       | <b>0.936</b> |
| % var | 61.26         | 79.790       | 73.96         | 87.23        | 57.08        | 79.50        |

Faktorová analýza hodnocení 5 hodnotitelů škálovacího testu míry rezonance (viz Tabulka 2) 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.

**Tabulka 3:** Globální výsledky faktorové analýzy společného vztahu hodnocení sledovaných vlastností porovnávacích testů pro každého hodnotitele a test zvlášť. Znaménka + a - znamenají pozitivní, resp. negativní vztah s daným faktorem hodnocení s koeficientem korelace >0,7).

| Vok. | Hodn. Param. | ZT1 |    |    | ZT3 |    |    | T4 |    |    | T5 |    |    | Z6 |    |    | Z7 |    |    | Z8 |    |    |   |
|------|--------------|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
|      |              | F1  | F2 | F3 | F1  | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 |   |
| A    | Intenzita    | +   |    |    |     | +  |    | +  |    |    |    |    |    |    | +  |    |    | +  |    |    | +  |    |   |
|      | Hlavová r.   |     |    | +  | -   |    |    | +  |    |    | +  |    |    |    | +  |    |    | +  |    |    | +  |    |   |
|      | Hrudní r.    | +   |    |    |     | +  |    | +  |    | +  |    |    |    |    | +  |    |    | +  |    |    | +  |    |   |
|      | Napětí       |     | +  |    |     | +  |    |    |    | -  |    |    | +  | +  |    |    |    | -  |    |    |    |    | - |
|      | Kvalita      |     | -  |    | -   |    |    | +  |    | -  |    | +  |    | -  |    |    |    |    |    |    | +  |    |   |
| I    | Intenzita    | +   |    |    | +   |    | +  |    | +  |    |    |    |    | -  |    |    | +  |    |    | +  |    |    |   |
|      | Hlavová r.   |     | -  |    |     | +  |    | +  |    | +  |    |    |    | -  |    |    | +  |    |    | +  |    |    |   |
|      | Hrudní r.    | +   |    |    | +   |    |    |    |    | -  |    |    | +  | -  |    |    |    |    |    | +  |    |    |   |
|      | Napětí       |     | +  |    |     | +  |    |    | -  |    | +  |    |    | -  | -  |    |    |    |    |    |    |    |   |
|      | Kvalita      |     | -  |    |     | +  |    | +  |    | +  |    |    | -  |    | +  |    |    |    |    | +  |    |    |   |
| U    | Intenzita    |     | +  |    | -   |    |    | +  |    | +  |    |    |    | -  |    |    | +  |    |    |    |    |    |   |
|      | Hlavová r.   |     | -  |    | -   |    |    |    |    | +  |    |    |    | -  |    |    | +  |    |    |    |    |    |   |
|      | Hrudní r.    |     | +  |    |     |    |    | -  | +  |    |    | +  |    |    | +  |    |    |    |    | +  |    |    |   |
|      | Napětí       |     |    |    |     | +  |    |    | -  |    |    | +  |    |    | -  |    |    | -  |    |    |    |    |   |
|      | Kvalita      |     | -  |    | -   |    |    |    | +  |    |    |    |    | -  |    |    | +  |    |    |    |    |    |   |

Tabulka 3 uvádí zjištěné vztahy společného hodnocení 5 vlastností v porovnávacích testech pro každý vokál a každého hodnotitele samostatně. Výsledky ukazují, že 5 hodnocených vlastností bylo obecně hodnoceno ve 3 nezávislých faktorech. Pokud je v jedné sloupci (jednom faktoru hodnocení) pro konkrétní vokál a konkrétního hodnotitele zastoupeno více znamének, znamená to, že příslušné vlastnosti byly vyhodnocovány ve vzájemném vztahu. Pokud jsou pro příslušné vlastnosti stejná znaménka (tedy + a +, nebo - a -) znamená to, že uvedené vlastnosti souvisely v kladném smyslu, pokud jsou ale znaménka opačná, tak souvisely v opačném smyslu – když hodnocení jedné vlastnosti narůstalo, tak hodnocení té druhé klesalo. Souhrnný přehled výsledků faktorové analýzy ukazuje Tabulka 4. Ve sloupci Komb. jsou uvedeny počty, kdy uvedená vlastnost byla součástí faktoru hodnocení v kombinaci s jinou vlastností. Slopec Samost. uvádí počet výskytů, kdy daná vlastnost tvořila samostatný faktor. Na základě těchto dvou sloupců je možno zhodnotit míru závislosti jednotlivých vlastností, pokud převažuje samostatné hodnocení některé vlastnosti, tak se dá tvrdit, že daná vlastnost je v zásadě nezávislá na ostatních. Naopak, pokud vlastnost je v zásadě vyhodnocována ve spojitosti s jinou vlastností – tak je možné ji interpretovat jako vázanou na jiné. Příkladem závislé vlastnosti je kvalita, které v 19 z celkově 20 možných případů byla vyhodnocována v kombinaci s jinými, tedy je vysoce závislá na jiných vlastnostech. Na druhé straně vlastnost hrudní rezonance byla vyhodnocována 11 krát samostatně, takže je to nejméně závislá vlastnost uvedeného hodnocení. V další části Tabulky 4 je zobrazena vzájemná závislost hodnocení pro každou dvojici. Pokud je znaménko kladné, tak závislost je pozitivní, pokud záporné tak negativní. Největší společnou závislost projevily vlastnosti kvalita a hlavová rezonance (byly společně hodnoceny v jednom v faktoru až 16 krát), nejmenší závislost ale mají dvojice napětí a intenzita a podobně hrudní rezonance a kvalita. Největší negativní vztah měly vlastnosti napětí a kvalita, pak hlavová rezonance a napětí a nakonec hrudní rezonance a napětí. Jako zajímavý výsledek společných strategií hodnocení se ukazuje trojkombinace hodnocení intenzity, hlavové rezonance a kvality, které bylo takto vyhodnocováno až v 7 případech, méně výrazné společné hodnocení bylo kvality, hlavové rezonance s negativním hodnocením napětí celkově ve 3 případech.

**Tabulka 4:** Sumarizace vzájemných vztahů hodnocených vlastností z výsledků faktorové analýzy.

| Vlastnost  | Komb. | Samost. | Intenzita | Hlavova r. | Hrudní r. | Napětí | Kvalita |
|------------|-------|---------|-----------|------------|-----------|--------|---------|
| Intenzita  | 19    | 5       | X         | 7          | 5         | 1      | 6       |
| Hlavova r. | 19    | 2       |           | X          | 2         | -3     | 16      |
| Hrudní r.  | 20    | 11      |           |            | X         | -1     | 1       |
| Napětí     | 19    | 10      |           |            |           | X      | -6      |
| Kvalita    | 19    | 0       |           |            |           |        | X       |

## Diskuse

Výsledky 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 ze zpěvním tréninkem, nebo dvěma hodnotiteli bez pěveckého tréninku. Tyto výsledky naznačují, že typ vzdělání se zaměřením na zpěvní hlas může změnit strategii hodnocení rezonance hlasu. Dalším vysvětlením je, že pěvecká skupina je citlivější na jiný specifický typ rezonance hlasu než terapeuti.

Výsledky porovnávacích testů ukazují na společné strategie hodnocení 5 sledovaných vlastností. Některé vlastnosti jako kvalita, hlavová rezonance a intenzita se ukazují jako závislé na ostatních vlastnostech, kdežto hrudní rezonance a napětí se ukázaly jako nejméně nezávislé. Celková kvalita hlasu byla v zásadě vyhodnocována společně s hlavovou rezonancí, velmi často i společně s intenzitou, naopak v protikladu k napětí hlasu.

## Závěr

Hlasová rezonance je s největší pravděpodobností multidimenzionální vlastností, která může zahrnovat vícero typů sledovaných rezonancí a vzniká souhrnem většího množství jiných percipovaných vlastností. Proto je její hodnocení závislé na typu zkušeností hodnotitele, ale také i na konkrétní preferované kombinaci doprovodných vlastností hlasové rezonance.

## 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 poskytl MŠMT v roce 2014.

## Literatura

- BELE I. V. (2006). The speaker's formant. *J Voice*, Vol. 20, No. 4, pp. 555-78.
- FRÍČ M. (2013). Hodnocení rezonance hlasu žen. In: *Nové trendy akustického spektra vedecký recenzovaný zborník*. Technická univerzita vo Zvolene. p. 73-88.
- FRÍČ M, KUČERA M. (2012). Akustický efekt jednoduchého rezonančního cvičení. In: *Novinky ve foniatřii 2012*. Galén. p. 38-40.
- 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, pp. 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, pp. 838-44.
- SUNDBERG J. (2001). Level and center frequency of the singer's formant. *J Voice*, Vol. 15, No. 2, pp. 176-86.
- TITZE I. R. (2001). Acoustic interpretation of resonant voice. *J Voice*, Vol. 15, No. 4, pp. 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, pp. 292-8.
- VERDOLINI K., DRUKER D. G., PALMER P. M., SAMAWI H. (1998). Laryngeal adduction in resonant voice. *J Voice*, Vol. 12, No. 3, pp. 315-27.