

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Bc. Tereza Vernerová

# **Hlasová analýza – objektivizace hlasové funkce**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Jana Vyskotová, Ph.D.

Olomouc 2020

## **Anotace**

**Název práce:** Hlasová analýza – objektivizace hlasové funkce

**Název práce v AJ:** Voice analysis – objectification of voice function

**Datum zadání:** 29. 1. 2019

**Datum odevzdání:** 31. 7. 2020

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

**Autor práce:** Bc. Tereza Vernerová

**Vedoucí práce:** Mgr. Jana Vyskotová, Ph. D.

**Oponent práce:** Mgr. Robert Vysoký, Ph.D.

### **Abstrakt v ČJ:**

**Úvod:** Hlas je pro člověka podstatný komunikační prostředek, který je předmětem zkoumání různých oborů. Dá se popsat mnoha různými akustickými a aerodynamickými parametry i subjektivně zhodnotit.

**Cíl:** Cílem této práce je zjištění rozdílu vybraných objektivních parametrů hlasu u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

**Metodika:** Výzkumu se zúčastnilo 15 mladých (průměrný věk 23,01 let;  $\pm 2,47$ ) zdravých jedinců. Do výzkumné skupiny byli zařazeni jedinci studující zpěv na úrovni konzervatoře či vysoké školy. Do kontrolní skupiny byli zařazeni studenti ostatních uměleckých odvětví. Probandi podstoupili hlasovou analýzu, při které vykonávaly standardizované hlasové úkoly.

**Výsledky:** Statistickým zpracováním dat nebyly zjištěny signifikantní rozdíly mezi výzkumnou a kontrolní skupinou v parametrech Speaking Profile (dynamický rozsah), Maximal Phonation Time (maximální fonační doba), kvalita jednotlivých českých samohlásek a Dysphonia Severity Index.

**Závěr:** Ve vybraných hlasových parametrech se skupina studentů zpěvu a skupina studentů jiných uměleckých odvětví nijak signifikantně nelišila.

## **Abstrakt v AJ:**

**Introduction:** The voice is an essential means of communication for humans, which is the subject of research in various fields. It can be described by many different acoustic and aerodynamic parameters and subjectively evaluated.

**Purpose:** The purpose of this paper is to describe the difference between selected objective parameters of the voice in students of singing and students of other arts.

**Methods:** The study involved 15 young (average age 23,01;  $\pm 2,47$ ) healthy individuals. The research group included individuals who study singing on conservatory or university levels. Students from other arts were included in the control group. Proband underwent voice analysis in which they performed standardized voice tasks.

**Results:** Statistics did not reveal significant differences between the research and control group in these parameters: Speaking Profile (dynamic range), Maximal Phonation Time, quality of each Czech vowels and Dysphonia Severity Index.

**Conclusion:** In chosen vocal parameters, the group of students of singing and the group of students of other artistic disciplines did not differ significantly.

**Klíčová slova v ČJ:** hlasová analýza, hlas, zpěv, objektivní hlasové parametry

**Klíčová slova v AJ:** voice analysis, voice, singing, objective voice parameters

**Rozsah:** 69 stran/2 přílohy

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením Mgr. Jany Vyskotové, Ph.D., a použila jen bibliografické a elektronické zdroje uvedené v referenčním seznamu této diplomové práce.

V Olomouci dne 31. 7. 2020

Podpis:.....

### **Poděkování:**

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí, Mgr. Janě Vyskotové, Ph.D., za cenné rady a připomínky při vedení této diplomové práce a možnost spolupodílet se na terapiích pro studenty Janáčkovy konzervatoře v Ostravě. Také děkuji všem probandům, kteří se kromě účasti na měření byli ochotni se mnou podělit o jejich osobní pěvecké zkušenosti. Velké poděkování patří také mé rodině a nejbližším za podporu při celém studiu.

## Obsah

Úvod.....	8
1 Přehled teoretických poznatků .....	10
1.1 Hlas a fonace.....	10
1.1.1 Fyziologická tvorba hlasu .....	10
1.1.2 Tvorba hlasu z pohledu fyziky .....	13
1.1.3 Hlasové parametry.....	18
1.1.4 Hlasové rejstříky .....	19
1.1.5 Typy hlasu.....	20
1.2 Možnosti měření hlasových parametrů.....	21
1.2.1 Akustické metody analýzy hlasu.....	22
1.2.2 Akustické parametry .....	24
1.2.3 Aerodynamické vyšetření.....	25
1.2.4 Další metody vyšetření.....	26
2 Cíl a hypotézy diplomové práce.....	28
2.1 Cíl práce .....	28
2.2 Hypotézy .....	28
3 Metody výzkumu.....	29
3.1 Charakteristika výzkumné skupiny.....	29
3.2 Průběh a metody výzkumu .....	30
3.3 Použité metody výzkumu.....	31
3.4 Metody statistického hodnocení .....	32
4 Výsledky výzkumu.....	33
4.1 Vyšetření hlasového pole.....	33
4.2 Maximal Phonation Time .....	35
4.3 Poškozené hlásky .....	36
4.4 Dysphonia Severity Index.....	37

5	Diskuze.....	40
5.1	Vyšetření hlasového pole.....	40
5.2	Maximální fonační doba.....	43
5.3	Kvalita samohlásek, vospector.....	45
5.4	Dysphonia Severity Index.....	48
5.5	Výstup do praxe.....	49
5.6	Limity studie.....	51
	Závěr.....	54
	Referenční seznam.....	55
	Seznam zkratk.....	64
	Seznam obrázků a tabulek.....	65
	Seznam příloh.....	66
	Přílohy.....	67

## Úvod

Člověk se od zvířat liší kromě obratnosti rukou, schopnosti práce a vzpřímenou chůzí i schopností řeči. Hlas je pro člověka nepostradatelným prostředkem komunikace. Využíváme ho ke komunikaci, šíření informací, zpěvu i vyjadřování emocí. Pokud nemáme problémy s tvorbou hlasu a mluvené řeči, ani si neuvědomujeme, jak moc je každý den využíváme.

O hlasovou funkci se nejvíc zajímá obor foniatrie a speciální pedagogika. Tyto obory se do značné míry prolínají. Foniatrie se zabývá především vyšetřováním hlasu, řeči a sluchu a léčbou i rehabilitací jejich poruch. Poruchy řeči mohou být vrozené i získané různými záněty, úrazy či být následek neurologického onemocnění. Speciální pedagogika se stará především o děti a jejich možnosti vzdělání.

Fyzioterapie je poměrně mladý obor, který se neustále vyvíjí a začíná se prolínat s větším množstvím oborů, se kterými nemusí mít na první pohled tolik společného.

Když se však na hlas podíváme z pohledu fyzioterapeuta, vidíme především důležitost správného fungování všech svalů zapojených do motoriky fonace a jejich precizní kontrola nervovou soustavou. Tvorba řeči je nejjemnější motorika. I malé odchylky mohou mít velký vliv na obsah i způsob předání sdělení. Pro kvalitní tvorbu hlasu je také potřebná kvalitní a efektivní respirační funkce včetně posturálního zajištění.

Všechny tyto funkce by měli mít hlasoví profesionálové neporušeny, jelikož jejich tělo je (stejně jako sportovcův, dělníkův, či např. fyzioterapeutův) pracovní nástroj. To stejné platí pro budoucí hlasové profesionály, jako jsou studenti zpěvu. Všechny hlasové parametry odráží schopnost tvorby hlasu, každý však závisí v jiné míře na různých anatomických strukturách a schopnostech či znalostech fonujícího.

Na některých pracovištích se již se zapojením fyzioterapeuta do procesu rehabilitace hlasu vídáme. Téměř výhradně je to však u pacientů s parézou hlasivek a terapie se pak skládá především z korekce postury, ošetření měkkých tkání včetně případné operační jizvy v oblasti krku a elektrostimulace paretických hlasivek. Proč bychom se však měli spokojit s tím, že toto jsou jediní pacienti s hlasovými problémy, kterým můžeme pomoci?

Cílem této práce je zjištění rozdílu vybraných objektivních parametrů hlasu u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

Práce je tvořena třemi hlavními oddíly, přehledem poznatků, praktickou částí a závěrečnou diskuzí, ve které byla data z praktické části kriticky srovnávána s výsledky zahraničních studií i podobných tuzemských experimentů v rámci závěrečných prací na technických školách.



Odborné studie a články potřebné pro vytvoření rešerše a vyhledání informací potřebných ke splnění cílů práce byly vyhledány v on-line databázích Medline, Science Direct, ProQuest a EBSCO. Zbývající informace byly vyhledány v tuzemské odborné literatuře.

Pro vyhledávání v databázích byla použita klíčová slova: hlasová analýza, kvalita hlasu nebo fyziologie hlasu, měření hlasové produkce, hlasová akustika, resp. Jejich anglické ekvivalenty: voice analysis, voice quality nebo voice physiology, speech production measurement, voice acoustics.

Na základě klíčových slov bylo v databázích nalezeno celkem 5 147 článků, další byly dohledány pomocí ručního vyhledávání. Bylo využito celkem 66 článků, 16 knižních zdrojů a 4 internetové zdroje, 1 disertační práce a 1 bakalářská práce.

# 1 Přehled teoretických poznatků

## 1.1 Hlas a fonace

Hlas slouží lidstvu ke komunikaci verbální i neverbální. Většina lidí si automaticky představí pod slovem hlas řeč, ale tato dvě slova by se neměla zaměňovat. Hlas je jakýkoliv zvuk vytvořený hlasivkami. Tato tvorba se nazývá fonace. Řeč je pak artikulovaný hlas (Vyskotová 2013, s. 89-90). Tvorba hlasu závisí na čtyřech základních složkách: dýchání a technice dechu, pohybu hlasivek, zesílení hlasu v rezonančních dutinách a nervová kontrola. Pro zpětnou vazbu je nutná intaktnost sluchových orgánů a jejich nenarušená funkce (Vydrová 2017, s. 28).

### 1.1.1 Fyziologická tvorba hlasu

Popis tvorby hlasu není zcela jednotný. Existují čtyři teorie tvorby hlasu: myoelastická, neurochronaxní, mukoundulatoční a myoelasticko-aerodynamická. **Myoelastická teorie** říká, že hlas je tvořen díky koordinované činnosti respiračního, fonačního a artikulačního ústrojí. Tato činnost je řízena centrální nervovou soustavou a je zpětnovazebně regulována pomocí sluchu. Respirace zajišťuje tlak vzduchu, který se logicky tvoří kromě trachey i v hrudní a břišní dutině. Velikost tlaku v trachei závisí na pružnosti a napětí hlasivek. Při dosažení většího tlaku, než jsou hlasivky schopné udržet, dochází pasivně k průchodu vzduchu, a tedy k fonaci. Takto vzniká hrtanový hlas, který se dále modifikuje v rezonančních dutinách. Autorem **neurochronaxní teorie** je Husson. Podle něj je fonace na rozdíl od předchozí teorie aktivní odpověď na jednotlivé nervové impulsy z n. laryngeus recurrens. To znamená, že každý kmit hlasivek je způsoben aktivní kontrakcí svalových vláken hlasivkových svalů. Tato kontrakce by měla být řízena z vibračního centra mozkové kůry. S **mukoundulatoční teorií** přišel Perello, který vidí kmitání hlasivek jako pasivní posouvání hlasivkové sliznice. **Myoelasticko-aerodynamickou teorii** popsal Janwill Van den Berg, který tvrdí, že kmitání hlasivek je způsobeno proudem vzduchu z plic. Proto za hlavní orgán tvorby hlasu považuje plíce (Kučera, Frič, Halíř, 2010, s. 6; Šlapák 1995, s. 31).

K popsání vztahu mezi fonací a akustickými vlastnostmi hlasu slouží tři Mullerovy zákony:

1. výška hlasu klesá a stoupá úměrně s napětím hlasivek,
2. výška tónu klesá a stoupá úměrně s rostoucím a klesajícím tlakem vzduchu,

3. narůstající síla tónu je přímo úměrná narůstajícímu tlaku vzduchu (Kučera, Frič, Halíř, 2010, s. 6).

### **Hlasový mechanismus**

System tvorby hlasu je složen ze tří subsystémů. Každý subsystém je složen z jiných anatomických struktur a má specifickou roli v produkci hlasu. První subsystém je systém tlaku vzduchu. Do něj patří bránice, svaly hrudníku, žebra, břišní svaly a plíce. Funkcí je poskytovat a regulovat tlak vzduchu, který způsobuje vibraci hlasivek. Druhý subsystém je vibrační. Patří sem hlasová schránka (hrtan) a hlasivky. Funkcí hlasivek je vibrovat a tím tvořit hlasový zvuk. Poslední, rezonanční, subsystém je tvořen vokálním traktem – hltanem, ústní dutinou a nosními pasážemi. Úkolem těchto dutin je změna hlasového zvuku v rozpoznatelný hlas osoby.

Mluvené slovo je výsledkem tří komponent hlasové produkce, a to hlasového zvuku, rezonance a artikulace. Hlasový zvuk je základní zvuk vytvořený vibrací hlasivek. Často je popisován jako bzučivý zvuk. Hlasový zvuk při řeči a zpěvu se významně liší. Rezonance hlas zesiluje a modifikuje. Probíhá v krku, ústní dutině a nosních pasážích. Artikulace modifikuje hlasový zvuk do slov. Artikulátory jsou jazyk, měkké patro a rty (Wolfe, b.r.).

Způsob respirace má veliký vliv na tvorbu hlasu, obzvláště pak mechanismus inspiria. Fyziologické inspirium vhodné pro kvalitní hlasový výkon se nazývá brániční nebo bráničně žeburní nádech (Vydrová 2017, s. 29). Při něm dochází ke kaudalizaci klenby bránice až do nalezení mechanické opory v břišních orgánech, během čehož se zvyšuje nitrobřišní tlak. V tu chvíli se punktum fixum přesouvá právě do této oblasti, dolní žebra se rozevírají do stran a páteř se mírně extenduje. Pro vytvoření adekvátního břišního tlaku je důležitá souhra bránice s ostatními svaly břišní stěny, zádoými svaly a pánevní dnem (Véle 2006, s. 227). Tato souhra se nazývá brániční dechová opora, appoggio. Při bráničním nádechu je možné dech podržet a koordinovaně jej vydechnout bez tlaku proti fonujícím hlasivkám (Vydrová 2017, s. 29).

K hrudnímu nádechu dochází převážně za pomoci mezižeburních svalů, které nemohou sloužit jako dechová opora. Výdech proto nelze plynule ovládat a pod hlasivkami se vytváří nadměrný tlak. Stejně tak nedostatečný je břišní nádech, při kterém na rozdíl od bráničního nedojde k bočnímu rozvinutí žebur, nýbrž k vyklenutí břicha (Vydrová 2017, s. 30-31).

Hlasivky mohou vykonávat pohyby směrem k sobě a od sebe, čímž uzavírají nebo otevírají hlasivkovou štěrbinu. Pokud jsou hlasivky u sebe, tedy ve fonačním postavení, mohou se pasivně pohybovat kmitavě. Kmitání způsobuje vydechovaný vzduch, který prvně narazí na uzavřené hlasivky a poté při dosažení dostatečného tlaku posouvá sliznici hlasivek

po ligamentum vocale. Sliznice se posouvá směrem nahoru a do stran. Po průchodu vlny se vlivem krátkodobého podtlaku těsně nad hlasivkami (Bernoulliho princip) se od dolního okraje směrem nahoru zavírají a tím dochází k vyrovnání tlaku. Otevírání a zavírání hlasivkové štěrbině se rychle cyklicky opakuje a dochází k rozkmitání vzdušného sloupce v násadní trubici a dolních dýchacích cestách, tedy ke vzniku hrtanového tónu. Pokud jsou hlasivky od sebe, nachází se v respiračním postavení, které je při fonačním cyklu typické pro nádechovou fázi. Pokud však je hlasivková štěrbině otevřena i při pokusu o fonaci, nedochází k dostatečné tvorbě tónu z důvodu nedostatečného rozkmitání povrchu hlasivek (Kučera, Frič, Halíř, 2010, s. 6-7; Vydrová 2017, s. 35).

Vibrací sliznice hlasivek vzniká základní hrtanový tón, který se dále dotváří v rezonančních prostorách. Mezi rezonanční prostory patří hrtan, hltan, dutina ústní, nosní a vedlejší nosní dutiny. Tyto prostory dokážou zvuk nejen zesílit, ale i zeslabit či modifikovat určité frekvence (Vydrová 2017, s. 38). U každého člověka mají rezonanční prostory jiné tvary a velikosti, a právě díky tomu je hlas každého člověka charakteristický (Frostová 2010, s. 61).

Při rezonanci dochází také ke vzniku vyšších harmonických tónů a formantů. Vyšší harmonické tóny jsou celé násobky základní frekvence tónu a jejich množství a intenzita ovlivňuje výslednou barvu hlasu (Vydrová 2017, s. 38). Formanty jsou oblasti zvukového spektra, které mají zvýšenou akustickou energii. Jinými slovy je to zvuk, který se vytváří díky rozkmitání rezonančního prostoru, které má stejnou frekvenci jako základní tón. Formanty jsou přesně určeny velikostí a tvarem rezonančních dutin. Zpěváci je dokážou modifikovat především díky možnosti změny prostoru dutiny ústní (Frostová 2010, s. 62; Vydrová 2017, s. 38-39).

### **Nervová kontrola fonace a řeči**

Fonace je koordinována pomocí mozku. Kromě samotného řízení fonace je důležité správné vyhodnocování zvukových signálů a s tím související intaktnost sluchového aparátu.

Fonace je řízena z center v medulla oblongata, cerebellu a diencephalonu. Z jader v medulla oblongata vychází vlákna n. vagu, z kterého odstupuje n. laryngeus superior. Ten senzitivně inervuje hrtan a motoricky m. cricothyroideus. Jiná jeho část, n. laryngeus recurrens, inervuje zbylé svaly hrtanu, čímž významně koriguje polohu hlasivkové štěrbině. Motorická složka n. vagus a r. internus n. accessorii se spojují a inervují měkké svaly patra a hltanu, čímž ovlivňují tvar a velikost části fonačních dutin (Hudák et al., 2013, s. 365-366; Krčmová, 2008, s. 40).

V mozku je centrum tvorby řeči v Brocově centru v Brodmannově arei 44 a 45, které se nachází v gyrus frontalis inferior dominantní hemisféry. Centrum řídí motorickou část tvorby řeči pomocí pohybů jazyka, rtů a mimických svalů. Tím se významně podílí na změně hlasu v rezonanci, která je důležitější při tvorbě jednotlivých hlásek než fonace probíhající v hrtanu. Pracuje komplexněji než po jednotlivých hláskách. Obsahuje tzv. artikulační vzorce, které popisují sekvence zapojení jednotlivých svalů pro vyslovení slov. Další oblasti mozku podílející se na tvorbě řeči jsou cortex cerebri prefrontalis a části lobus parietalis a lobus temporalis (Hudák a kol, 2013, s. 435-436; Krčmová, 2008, s. 41).

Zajímavý je i vliv vegetativního nervového systému na tvorbu hlasu. Studie poukazují na ovlivnění hrtanu při chronické stresové reakci s dlouhodobou aktivací sympatiku. Podle výzkumu Cielo et al. (2015) existuje u žen korelace mezi dysfunkcí autonomního nervového systému a subjektivními hlasovými obtížemi. Podle studie Helou et al. (2013) dochází při aktivaci vegetativního nervového systému současně ke zvýšení aktivity laryngeálního svalstva.

### **1.1.2 Tvorba hlasu z pohledu fyziky**

Zvuk je z pohledu fyziky mechanické vlnění, které probíhá hmotným prostředím. Zdroj zvuku může být jakékoliv těleso, které vibruje. Hmotné prostředí, jímž se pak zvuk šíří, může být vzduch, ale i kapalina či pevná látka (Lepil, Bednařík, Hýblová, 1993, s. 36).

#### **Fyzikální vlastnosti zvuku**

Hlavním parametrem zvuku je jeho frekvence. Je to převrácená hodnota periody, kdy perioda udává dobu trvání jednoho cyklu vlny. Frekvence potom udává, kolik period proběhne v 1 sekundě. Značka frekvence je  $f$  a udává se v jednotce Hertz. Perioda má značku  $T$  a jednotku sekunda. V praxi více využíváme popis frekvence.

Amplituda je maximální hodnota, které dokáže vlnění dosáhnout. Vyjadřuje sílu zvuku, respektive nakolik se zdroj zvuku vychyluje z rovnovážné polohy.

Rychlost zvuku popisuje rychlost šíření vlnění v hmotném prostředí. V běžném vzdušném prostředí je jeho hodnota 340 m/s a ve vokálním traktu 350 m/s. V kapalných látkách se šíří ještě rychleji (voda – 1500 m/s) a v pevných nejrychleji. Konkrétní hodnoty se liší dle hustoty prostředí. Čím má prostředí menší hustotu, tím je šíření zvuku pomalejší a naopak. V tomto vztahu tedy funguje přímá úměra (Lepil, Bednařík, Hýblová, 1993, 36-41).

#### **Produkce hlasu**

Hlas dokáže produkovat zvuk různými způsoby. Zvuk může být různě syčivý, vzdušný, díky průběhu vzduchu skrz malé otvory mezi rty a zuby. Speciálním typem hlasu je šepot. Při

něm nejsou hlasivky plně dovřeny, což způsobuje turbulentní proudění zvuku a obsahuje mnoho různých frekvencí. Má výrazně nižší srozumitelnost, výrazné jsou při něm hlavně sykavky.

Druhý způsob tvorby zvuku používá hlasivky, respektive jejich rozvibrování. Frekvence vibrací, a tedy výška zvuku je ovlivněna napětím hlasivkových svalů. Konkrétně vysoké napětí zvyšuje frekvenci a tím výšku hlasu. Množství tkáně, jinými slovy velikost hlasivek, také ovlivňuje frekvenci přímou úměrou. To jde lehce ukázat na příkladu dospělého muže s dlouhými hlasivkami, který má hlubší hlas než žena s krátkými hlasivkami. V neposlední řadě frekvenci ovlivňuje i tlak v plicích a schopnost práce s ním. Vibrace uvolňují pulzy vzduchu do vokálního traktu.

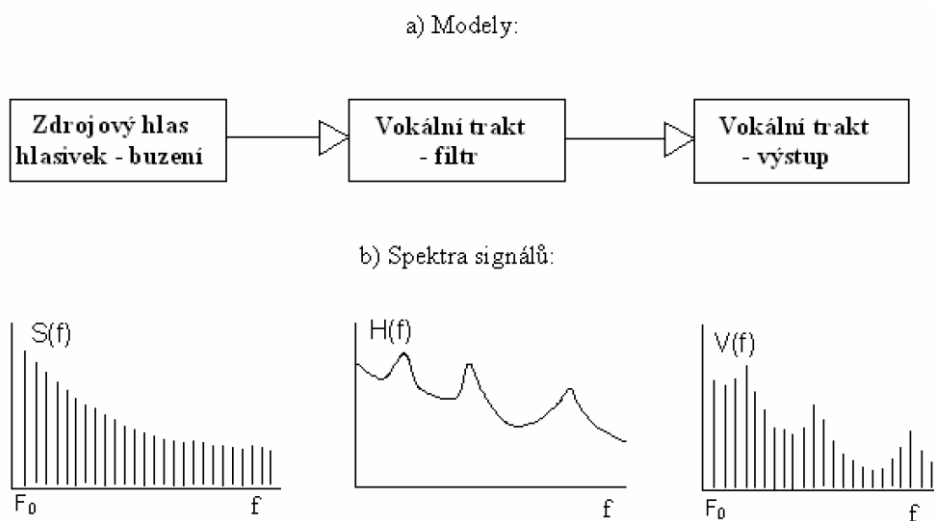
Vzduch na rtech v určitém postavení i různě rozevřené ústní dutině rezonuje snadněji v některých frekvencích než v jiných, a tak určitou frekvenci zvýrazňuje. Rezonance lze měnit především pohybem rtů a jazyka (Wolfe, b.r.; Krčmová, 2008, s. 39-40).

### **Model zdrojového filtru hlasového traktu**

Vibrace hlasivek tvoří proměnlivé proudění vzduchu, které může být považováno za periodický zdroj čili signál (input). Nazývá se hrtanový tón. Tento signál má určitou periodu, hýbe se tedy v intervalech. Důsledkem je, že spektrum je tvořeno harmoniemi. Periodický signál postupuje do variabilního filtru, tedy hlasového traktu. Variabilní je nazýván proto, že změnou postavení jednotlivých komponent dochází ke změně frekvence. Periodický signál po průchodu variabilním filtrem produkuje výsledný zvuk (output). Ten je oproti zdrojovému signálu právě díky průchodu vokálním traktem, tzn. rezonancí a filtrací, obohacen o formanty, dochází k zesílení zvuku v určitých frekvencích, a naopak zeslabení všech ostatních. Spektrum zvuku je tedy změněné, zatímco základní frekvence hlasivek zůstává zachována (Mišun, 2005, s. 40-41). Názorné zobrazení modelu i s ukázkami spektra signálů a jejich změn při průchodu hlasovým ústrojím vidíme na obrázku 1.

Formanty jsou oblasti maxima ve spektru složených tónů, jinými slovy zesílení určitých částí zvukového spektra. V lidském hlase popisujeme nejčastěji dva formanty,  $F_1$  a  $F_2$ , které jsou důležité pro rozlišování jednotlivých samohlásek. Nižší formant je výrazně ovlivněn polohou dolní čelisti. Čím více snížíme čelist, tím větší bude rezonance. Vyšší formant je také ovlivněn polohou dolní čelisti, mnohem více však strukturami uvnitř ústní dutiny. Při pohybu jazyka se výrazně mění rezonance vyššího formantu (Wolfe, b.r.; *UNSW*, b.r.).

Dalšími formanty jsou  $F_3$  a  $F_4$ , které významně ovlivňují kvalitu předních samohlásek. Spolu se základní frekvencí  $F_0$  specificky odlišují hlasové charakteristiky jedinců (Fant, 1970, s. 48).



**Obrázek 1** Model zdrojového filtru hlasu (Mišun, 2005, s.42)

### Tvorba souhlásek

Všechny souhlásky (konsonanty) jsou tvořeny šumem, který vzniká určitým postavením či pohybem mluvidel. Oproti samohláskám jsou tvořeny spíše za stavu většího zavření úst. Vzduch tak má při východu z úst více překážek a dochází k turbulencím (Krčmová, 2008, s. 59).

Frikativní konsonanty, jinak nazývané také konstriktivy nebo úžinové souhlásky, jsou souhlásky, které vznikají pomocí stlačení proudu vzduchu v mezeře vytvořené artikulátory. Díky průchodu touto mezerou souhláska dostane svoji konečnou podobu. Při jejich tvorbě dochází k velkým rozdílům již při malé změně postavení artikulátorů. Proto je pro srozumitelnou řeč důležité velmi přesné a koordinované ovládání mluvidel. Konstriktivami jsou samohlásky [f],[v], [s], [z], [ʃ] (= 'š'), [ʒ] (= 'ž'), [j], [x] (= 'ch'), [h] a [l] (Krčmová, 2008, s. 61; Pálková, 1994, s. 227-231).

Okluzivní konsonanty, okluzivy či závěrové souhlásky, vznikají přechodným uzavřením východu vzduchu z mluvidel. Dochází tedy k vytvoření přetlaku za překážkou. Po odstranění překážky dochází k prudkému uvolnění přetlaku a vzniká šum. Okluzivami jsou [p], [b], [m], [t], [d], [n], [g] a [k] (Krčmová, 2008, s. 60 ; Pálková, 1994, s. 223-226).

Semiokluzivní konsonanty, semiokluzivy či polozávěrové souhlásky, vznikají stejným mechanismem jako předchozí typ s přidáním konečné konstriktice. Z tohoto popisu lze říci, že je to spojení okluzivy a konstriktivy ve velmi krátkém časovém úseku. Mezi semiokluzivy patří [tʰ] (= 'c'), [dʰ] (= 'znělé c'), [tʃ] (= 'č') a [dʒ] (= 'znělé č') (Krčmová, 2008, s. 60-61).

Aproximanty vznikají přiblížením mluvidel, které je těsnější než u samohlásek, ale méně těsné než u konstriktiv. Dalo by se tedy říct, že se nachází na pomezí souhlásky a samohlásky. Patří mezi ně [j] (Krčmová, 2008, s.63-54 ).

Poslední, a to poměrně různorodou skupinou, jsou sonory, mezi které řadíme vibranty, verberanty a nazály. Kmitavé souhlásky, vibranty, jsou tvořeny kmitáním mluvidel, kdy dochází k jejich opakovanému dotyku. Zdroj vibrace je adekvátní proud vzduchu. Typickým vibrantem je české [ř]. Verberanty vznikají rychlým dotykem mluvidel. Tím jsou podobné vibrantům, narozdíl od kterých nedochází k opakování dotyků. Typickým verberantem je [r]. Nazály, nosovky, jsou typické prouděním vzduchu nosní dutinou při závěru dutiny ústní. Průchod nosní dutiny umožňuje pokles měkkého patra (Duběda, 2008; Krčmová, 2008, s. 63, 79-84, 88-89; Pálková, 1994, s. 233-234).

### **Akustické vlastnosti souhlásek**

Všechny souhlásky obsahují šum, což jsou nepravidelné kmity. Jinými slovy se dá popsat jako zvukové znečištění, či nepravidelný (neperiodický) zvuk. Spektrum šumu je neharmonické, skládá se z mnoha různých frekvencí. Přítomnost šumu se nazývá konsonantnost.

Znělost je dána přítomností základní frekvence zvuku ( $F_0$ ), čili tónu. Ten je tvořen pomocí činnosti hlasivek. U znělých hlásek jsou tedy hlasivky napjaté a tlakem vzduchu kmitají. U neznělých hlásek jsou naopak v klidu a neúčastní se fonace. Znělost nalézáme u všech samohlásek a u některých souhlásek.

Kompaktnost je přítomna tehdy, když hlásky mají zvukovou energii soustředěnou doprostřed spektra. Naopak nekompaktní se nachází blíže maximu či minimu spektra. Specifické pro kontaktní souhlásky je jejich tvorba v zadní části dutiny ústí.

Drsnost a matnost je dána přítomností nepravidelných složek zvuku, které jsou způsobeny turbulencemi vzduchu ve vokálním ústrojí a tedy šumem. Drsné jsou souhlásky s výrazným výskytem nepravidelností, matné naopak disponují sourodějším zvukovým spektrem.

Kontinuálnost je dána délkou trvání artikulace a zvuku. Kontinuální souhlásky jsou takové, které je možné vyslovovat po delší dobu. Nekontinuální jsou pak takové, které lze vyslovit pouze jednou po velmi krátký čas. To je dáno uzávěrem mluvidel s následným prudkým průchodem vzduchu, který probíhá pouze v jeden moment.

Souvislost a akutovost neboli tupost a ostrost, je dána frekvencí ve spektru. Tupé jsou souhlásky s převahou nízkých frekvencí, ostré s převahou vysokých.



Délka souhlásek v čase se u souhlásek většinou nepopisuje. To je dáno především rozdílem v kontinuitě, přičemž nekontinuální souhlásky ani není možné fonovat delší dobu (Duběda, 2005; Krčmová, 2008, s. 86).

### **Tvorba samohlásek**

Samohlásky, vokály, jsou hlásky tvořené pouze tónem, nikoli šumem, jak je tomu u souhlásek. Jsou tvořeny za aktivní účasti všech artikulačních orgánů. Vznikají úpravou hrtanového hlasu v rezonanci dutin. Typicky při jejich tvorbě dochází k otevření vokálního traktu. Jeho míra je dána velikostí úhlu, který svírá dolní a horní čelist. Podle velikosti úhlu se dělí samohlásky na otevřené a zavřené, kdy i u zavřených je úhel stále větší než při souhláskách. Otevřenost a zavřenost je tedy relativní. Jazyk se pohybuje se v předozadním směru. Tímto pohybem se mění poměr objemu ústní a hrdelní dutiny. Podle polohy jazyka se samohlásky dělí na přední [i], střední [e, a, o] a zadní [u]. Rty jsou pro jednotlivé samohlásky různě zaokrouhlené a napjaté. Jejich nastavení výrazně ovlivňuje kvalitu samohlásek. V češtině spolu tyto tři komponenty, tedy otevřenost, poloha jazyka a nastavení rtů, souvisí. Samohlásky přední a otevřené mají vždy nezaokrouhlené rty. Naopak zaokrouhlené rty jsou nutné při zadních samohláskách. U předních samohlásek jsou rty napjaté (Duběda, 2005; Krčmová, 2008, s. 79-84).

### **Akustické vlastnosti samohlásek**

Na rozdíl od souhlásek, samohlásky obsahují pouze čisté tóny bez šumů. Základní frekvence  $F_0$  je tvořena vibrací hlasivek a je charakteristická pro každého jedince. Jednotlivé samohlásky se liší barvou tónů, tzv. ténbrem. Ténbr je tvořen rezonancí ústní, hltanové i nosní dutiny. Na záznamu zvukového spektra jej vidíme jako přítomnost formantů. Tyto formanty jsou tři až čtyři, konkrétně  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  a  $F_4$ , kde  $F_1$  má nejnižší frekvenci a  $F_4$  nejvyšší. První formant souvisí s otevřeností mluvidel. Druhý formant je ovlivněn horizontální polohou jazyka. Zásadní význam pro znění samohlásky a jejich rozpoznání má poměr  $F_1$  a  $F_2$ , nikoliv jejich absolutní hodnoty. Třetí formant souvisí s rotací hlásky, která vzniká pohybem jazyka nahoru (Ashby a Maidment, 2015, s. 66; Duběda, 2005). Každá samohláska má jiné formanty. Vyšší formanty dotváří specifickou barvu hlasu člověka.

Jednotlivé české samohlásky mají specifický rozsah nižších formantů. Jejich normativní hodnoty podle Romportla zobrazeny jsou v tabulce 1 (s. 18).

**Tabulka 1** Normativní hodnoty formantů F1 a F2 českých samohlásek (Palková, 1994, s. 173).

Samohláska	F1 pásmo [Hz]	F2 pásmo [Hz]
[u:]	300 – 500	600 – 1000
[o:]	500 – 700	850 – 1200
[a:]	700 – 1100	1100 – 1500
[e:]	480 – 700	1560 – 2100
[i:]	300 – 500	2000 – 2800

Jak již bylo zmíněno výše, základní frekvence hlasu je charakteristická pro každého jedince. Mají na ni vliv anatomické poměry hrtanu a hlasivek, ale i jiné systémy. Ve studii Orlikoff a Baken (1989) analýza průměrování signálu a autokorelační analýza odhalila vliv kardiovaskulárního systému na základní frekvenci hlasu  $F_0$ . Při fonaci způsobuje 0,5 – 20% odchylku frekvence. Tyto změny jsou způsobeny změnami tuhosti cévního řečiště v oblasti hrtanu v souvislosti s tepovou frekvencí, která ovlivňuje tvar m. thyroarytenoideus a díky jeho úponům na cartilago arytenoidea ovlivňuje nastavení hlasivek. Korelaci mezi změnou tepové frekvence a základní frekvencí hlasu pozoroval i Alvear et al. (2012).

### 1.1.3 Hlasové parametry

Lidský hlas lze popsat parametry kvantitativními – intenzita, výška, fonační doba, kvalitativními – čistota hlasu, znělost, hlasový rozsah a estetickými – barva a hlasová technika.

**Intenzita hlasu** odpovídá intenzitě fyzikální, měřené v decibelech (dB), a je subjektivně vnímána jako hlasitost. Je podmíněna silou výdechového proudu vzduchu, kmitání hlasivek a anatomickém uzpůsobení rezonančních dutin. **Výška hlasu** se vyjadřuje pomocí frekvence. Frekvence hlasu odpovídá frekvenci kmitání hlasivek a měří se v Hertzech (Hz). Ta závisí na délce, hmotnosti a napětí hlasivek. Změny frekvence lze dosáhnout změnou napětí hlasivek. Pokud je však současně změněn i tlak pod hlasivkami a dojde tak k zachování poměru napětí hlasivek a tlaku vzduchu pod nimi, ke změně frekvence nedojde. Člověk je zvuk schopen vnímat jako sluchový vjem v rozmezí 16-20 000 Hz. **Fonační doba** je čas, během kterého jedinec vydrží fonovat jeden tón. Její jednotkou jsou sekundy (s) (Frostová 2010, s. 66).

**Čistota hlasu**, či kvalita hlasu, lze popsat z estetického i akustického hlediska. Z estetického hlediska je to pojem dosti relativní, protože závisí na subjektivním hodnocení

posluchače. Z akustického hlediska čistotu hlasu určuje poměr harmonických a neharmonických složek zvuku. Pokud má jedinec špatnou kvalitu hlasu, objevuje se u něj chraptivost, zvýšený fonační tlak a tvrdé hlasové začátky. **Znělý hlas** je takový, který je plný a sytý nezávisle na dynamice, tedy své hlasitosti. Ke zhoršení znělosti dochází při nedostatečné vibraci hlasivek nebo při poruchách ventilace. **Hlasový rozsah** je značně individuální a je to rozpětí hlasu od nejnižšího po nejvyšší tón (Frostová 2010, s. 66).

**Barva hlasu** je významně ovlivněna především vlastnostmi rezonančních dutin, ale i duševními stavy. Lze ji také ovlivnit úmyslně (Frostová 2010, s. 67). Z fyzikálního hlediska je barva spektrum zvuku, které je složeno z harmonických tónů. Aby byly tóny harmonické, musí se skládat ze základní frekvence a jejích celočíselných násobků. Odlišnost různých barev hlasu je zakotvena v množství a konkrétních frekvencích harmonických tónů. Proto dva různé zvuky se stejnou frekvencí, tedy výškou tónu, budou znít odlišně. Nejvíce barvu ovlivňují vyšší formanty, tedy F3 a vyšší. U člověka rozlišujeme barvu světlou a tmavou. Tmavší barvu mají lidé s delším krkem, níže uloženým hrtanem a úzký trubicovitý tvar hrtanové příklopky. Naopak světlejší barvu mívají lidé s plošší a širší příklopkou (Vydrová 2017, s. 48). **Hlasová technika** je parametr specifický pro hlasové profesionály, kteří tréninkem dokáží významně ovlivňovat rezonanci hlasu a intonaci.

#### 1.1.4 Hlasové rejstříky

Hlasové rejstříky jsou uměle vytvořené řady tónů s podobnou kvalitou. Podle různých autorů je spojují různé vlastnosti. Hlasoví pedagogové a zpěváci rozdělují hlasové rejstříky podle akustických vlastností, konkrétně barvy hlasu. Rejstříky se nazývají percipované. Lékaři a vědci je rozdělují podle typů vibrací hlasivek, kdy každý typ vytváří charakteristické zvuky. V tomto případě hovoříme o vibračních rejstřících. Třetí skupina, tvořena specifickými skupinami vědců, rozlišuje rejstříky na základě akustických parametrů, vibrace hlasivek, ale i aerodynamických vlastností (Kučera, Frič, Halíř, 2010, s. 12).

Hlasivky jsou schopné tvořit čtyři základní rejstříky. Od nejnižšího jsou to: pulzní rejstřík, hrudní rejstřík, hlavový rejstřík a rejstřík hrtanového pískotu. Většina zdravých lidí je dokáže vytvořit všechny. Někteří autoři z oblasti umění zpěvu dokonce popisují až sedm.

Hrudní rejstřík (modální hlasový rejstřík, modální hlas) je nejběžněji využívaný rejstřík. Lidé ho využívají během většiny času mluvení a zpěvu. Hlasivky při něm vibrují po celé své blanité části, jsou pružné, relaxované a mají oblý tvar. Hlasová štěrbina je pouze úzká, v celém rozsahu. Dochází k velké spotřebě dechu a rezonance probíhá hlavně v hrudní oblasti, čímž má výsledný tón tmavou barvu. Se stoupající frekvencí se hlasivky prodlužují a tím se

zvyšuje jejich napětí a ztenčují okraje. Hlasoví profesionálové dokáží v tomto rejstříku tvořit tóny v rozsahu dvou a více oktáv. Takovéto tóny jsou líbivější než tóny z jiných rejstříků (Kučera, Frič, Halíř, 2010, s. 13; Lejska, 2003, s. 127).

Hlavový rejstřík (falzet) je využíván při tvorbě vyšších tónů. Hlasivky jsou při fonaci napjaté, mediální hrana má ostrý tvar a pouze ta kmitá, nejvíce ve vertikální rovině. Právě kmitání pouze části hlasivek je to, co ulehčuje tvorbu vysokých tónů. U běžných lidí je glottis mírně rozevřená. Hlasoví profesionálové ji dokážou uzavřít v celém rozsahu. Ve falzetu je složitější pracovat s hlasitostí a kvalita tónu je oproti modálnímu hlasu horší (Kučera, Frič, Halíř, 2010, s. 13; Mišun, 2010, s. 83-84).

Pulzní rejstřík je nejnižší. Vytváří se pomocí volného uzavření hlasivkové štěrbiny, při čemž dochází ke kmitání hlasivek v nízkých subharmonických frekvencích. Arytenoidní chrupavka se při fonaci přibližuje, což způsobuje pevný stah hlasivek. Ty jsou slabé a kompaktní. Při poslechu hlasu v tomto rejstříku vnímáme praskání a chrastění. Využívá se při běžné řeči, někdy i při zpěvu, pokud nízké tóny zpěvák nezvládne vytvořit modálním hlasem (Kučera, Frič, Halíř, 2010, s. 14).

Rejstřík hrtanového pískotu (fistula, whistle) je nejvyšší hlasový rejstřík, hlas se v něm nachází při tvorbě vyšších tónů. Není zcela objasněno, jak přesně u něj dochází k vibraci hlasivek. Víme však, že dochází k vibraci pouze jejich přední části a tahle kratší vibrace umožňuje tvorbu vysokých tónů. Laterální krikoarytenoidní svaly jsou při fonaci aktivní, tranzverzální abdominální svaly naopak nejsou. Předpokládá se, že fistula vzniká interferencí základní frekvence s prvním, možná i druhým, formantem. Dochází k nejmenší spotřebě dechu, barva hlasu je světlá a dynamika většinou nízká. Tyto charakteristiky jsou dány uzavřením hrtanové příklopky a malým prostorem pro rezonanci. Tvořit hlas v tomto rejstříku dokáže většina žen, děti a část mužů po hlasovém tréninku (Kučera, Frič, Halíř, 2010, s. 13).

### **1.1.5 Typy hlasu**

Titze (1995) rozděluje podle vizuální interpretace spektogramu hlas na tři typy. Typ 1 vykazuje téměř periodické signály. Spektogram má jasně definovanou harmonickou a základní frekvenci. Typ 2 vykazuje silné modulace a subharmonie. Subharmonie se skládají z interharmonických tónů podobné síly jako harmonie. To znamená, že se frekvence pohybuje okolo zvoleného tónu. Typ 3 má již chaotickou dynamiku a frekvenci. K těmto třem typům hlasu Sprecher (2010) přidává další. Typ 4 se vyznačuje nahodilým chováním dynamiky.

Lidé dokážou díky vědomé kontrole glottis vytvářet různé typy hlasů. Ovlivňovat můžou jejich výšku, tvrdost, jemnost, chraptivost, dyšnost atd. Vznikají tak typy fonace jako

šepot, dyšný hlas, napjatý hlas, chrapot a falzetto. Dyšný a chraptivý hlas jsou považovány za protiklady. Způsob fonace přímo ovlivňuje emoční zabarvení hlasového projevu (Campbell, Mokhtari, 2004).

Modální hlas se využívá jako referenční. Napětí laryngeálních svalů je nízké a rozsah hlasu se pohybuje ve středu. Vibrace hlasivek jsou většinou periodické, téměř bez nepravidelností glotálních cyklů s kompletním uzavřením glottis (Titze, 2000).

Při tvorbě dyšného hlasu jsou hlasivky daleko od sebe a jsou pouze lehce tonizované v longitudinální ose. Velký prostor mezi hlasivkami způsobuje turbulentní proudění vzduchu, které jsou poslechově vnímány jako hlas smíchaný s dechem. Na spektogramu je tvar vlny charakterizován přítomností mnoha interharmonických tónů, které narušují jasnost jednotlivých tónů. Vlna je ale poměrně vyhlazená a symetrická (Airas, Alku, 2007). Zřetelně také nacházíme dobře definované přechody nosní rezonance na samohlásku, který u dyšného hlasu trvá přibližně 150 ms (oproti 130 ms běžnému modálnímu hlasu). Dech déle přetrvává v nosní rezonanci a zvětšuje tak šířku pásma formantů. Dále nacházíme nižší intenzitu po celou dobu fonace a nižší základní frekvenci (Gordon a Ladefoged, 2001; Hillenbrand, Houde, 1994).

Chraptivý, až vrzající, hlas spadá do hrudního rejstříku. Hlasivky jsou úzce sepyaty a vzduch skrze ně prochází pouze malým podélným otvorem. Toto nastavení způsobuje nepravidelné vokální pulzy. Na spektogramu vykazuje nepravidelně rozložené a více se vyskytující výchylky intenzity a celkově nižší akustickou intenzitu. Vyšší výskyt výchylek intenzity značí nižší základní frekvenci. Posluchač takovýto hlas vnímá jako rychlé série klepání nižší hlasitosti než běžný hlas (Gordon a Ladefoged, 2001).

## **1.2 Možnosti měření hlasových parametrů**

Objektivní hlasové parametry se dají měřit dvěma různými metodami. Je to metoda akustické analýzy a aerodynamické měření. Akustická měření mají obrovskou výhodu své dostupnosti a jednoduchosti. Je mnoho parametrů, které lze měřit. Mezi nejčastěji využívané patří jitter, shimmer a harmonic-to-noise ratio. Aerodynamické měření sledují tlaky a proudění vzduchu v hrtanu během fonace. Pod uzavřenou hrtanovou příklopkou je určitý tlak. Vzduch je z tohoto prostoru uvolňován a proudí tak dál hlasovým ústrojím díky vibraci hlasivek. Na rozdíl od akustické analýzy je tato metoda invazivní. Parametry se nazývají subglotální tlak a průměrná rychlost proudění vzduchu (Angadi et al. 2019).

### 1.2.1 Akustické metody analýzy hlasu

Akustické metody analýzy se dají rozdělit na subjektivní a objektivní. Subjektivní analýza je poslechové hodnocení hlasu, které je nejjednodušší a nejpřirozenější způsob popisu hlasu. Objektivní analýza hodnotí objektivní hlasové parametry na základě zpracování zvukového signálu. Mezi objektivní metody patří analýza periodicity hlasu, vyšetření hlasového pole, spektrální analýza hlasu, hodnocení signálových akustických parametrů (nejčastěji multidimenzionální analýza). Lze také provést testy hlasové zátěže, např. hlasový zátěžový test či hlasovou dozimerii (Dršata a Chrobok, 2011, s. 74).

Pomocí měření hlasového pole (voice range profile – VRP, fonetogram), jsme schopni vyhodnotit základní frekvence a hladiny akustického tlaku v souvislosti s výškou tónu a hlasitostí. Hodnotí především funkční složku hlasové poruchy. Výstupem měření je graf, kde na ose x je zobrazena základní frekvence  $F_0$  [Hz] a na ose y hladina akustického tlaku (sound pressure level – SPL) v decibelech s jednotkou psanou [dB] nebo [dB(A)] a to podle použití nulového či A filtru (Frič, Otčenášek, Syrový, 2010). Graf popisuje výškovou a intenzitní polohu hlasu a jejich rozsah, tedy maximum a minimum. Touto metodou lze měřit zpěvní (VRP, voice range profile) i mluvní rozsah hlasu (SRP, speech range profile), kdy při zpěvním rozsahu testujeme jednotlivé vokály, a při mluvním rozsahu pacient čte standardní test. VRP je vhodný pro hodnocení hlasu a jeho výkonu u funkčních hlasových poruch, při hodnocení funkčního významu organických hlasových poruch a při sledování efektu léčby (Dršata a Chrobok, 2011, s. 77).

Parametry VRP: pro mluvní hlas – základní výška hlasu, základní hladina akustického tlaku; zpěvní i mluvní: frekvenční rozsah, dynamický rozsah, tvar obrysu hlasového pole, celková plocha hlasového pole

Spektrální analýza popisuje spektrální složení zvuku, tedy rozložení akustické energie v závislosti na frekvenci jednotlivých složek signálu. Tvoří se pomocí matematické metody, nejčastěji Fourierovy analýzy, nebo pásmové filtraci. Pomocí této metody dochází k rozložení signálu do jednoduchých tónů o různých frekvencích a fázích. Ve výsledném grafu je pak vyobrazeno zastoupení jednotlivých frekvencí signálu a jejich amplituda, intenzita a hladina akustického tlaku (Dršata a Chrobok, 2011, s. 79). Analýza může být úzko-pásmová nebo širokopásmová. Úzko-pásmová zobrazuje pásmo pouze do přibližně 20 Hz a využívá se pro zobrazení velikosti jednotlivých harmonických a meziharmonických pásem. Široko-pásmová zobrazuje pásmo širší jak 50 Hz (v praxi většinou 300 Hz) a zachycuje frekvence a energie jednotlivých formantů (Frič, Otčenášek, Syrový, 2010).

Spektrální analýza hlasu se také dělí na krátkodobou a dlouhodobou. Výstupem krátkodobé analýzy (sonografie) je na ose x frekvenční pásmo a ose y velikost akustické energie. Zobrazuje tedy velikost akustické energie v konkrétních frekvenčních pásmech v daném časovém úseku. Pokud chceme takovouto analýzu provádět v reálném čase, výsledky se zanáší do spektrogramu. Popisuje proměny spektra v průběhu trvání fonace, kde na ose x je čas, ose y frekvenční pásmo a velikost akustické energie je zobrazena pomocí barev (Dršata a Chrobok, 2011, s. 79).

Parametry:  $F_0$ , rozložení vyšších harmonických složek, poloha formantů a jejich rozsah, frekvenční rozložení akustické energie, podíl šumu, celková akustická energie, sub- a mezharmónické spektrální složky.

Dlouhodobá analýza (sumární spektrum) je většinou vypočítána z průměru hladin DFT spekter vypočtených z za sebou jdoucích krátkých časových úseků. Takto je možné analyzovat libovolně dlouhé zvukové vzorky s doporučeným minimem 30 s. Výsledkem analýzy je frekvenčně-dynamické spektrum záznamu. Používá se především pro posouzení hlasové únavy při funkčních poruchách hlasu.

Parametry sumárního spektra: hladina pásma základního tónu, energie rezidua spektra, sklon regresivní křivky formantových oblastí, SPR (singing power ration), ER (energy ratio), alfa-faktor, high-frequency power ratio, SE (spectral emphasis), GF (gain factor).

Multidimenzionální analýza je nejobsáhlejší metodou počítačového zpracování akustických vlastností hlasu. V rámci analýzy se měří mnoho parametrů, které se hodnotí odděleně nebo je z některých z nich vypočten nový parametr.

Parametry multidimenzionální analýzy: jitter, shimmer, koeficient amplitudových odchylek (API), index inenzity amplitudového tremoru (ATRI), základní frekvence  $F_0$ , poměr šumu k harmonickým tónům (NHR), počet subharmonických úseků (NSH), index měkké fonace (SPI), index turbulence hlasu (VTI).

Parametry interpretované: SPI, VTI, HNR, GNE, DSI

Akustická analýza časových parametrů je časově spektrální analýza signálu. V celém průběhu spektrální analýzy tedy dochází k opakovaným analýzám signálu v krátkých časových úsecích. Z těchto dílčích analýz jsou pak vypočítány časové parametry, hlavně jitter (frekvenční nestabilita) a shimmer (amplitudová nestabilita). Příkladem tohoto typu akustické analýzy je multidimenzionální analýza MDVP KayPENTAX 2008 či Hoarseness diagram (Frič, Otčenášek, Srový, 2010). Hoarseness diagram umožňuje kvalifikaci a kvantifikaci typu a stupně hlasové poruchy. Na ose x je v něm znázorněna nepravidelnost kmitání hlasivek a na ose y stupeň zastoupení turbulentního šumu v hlase (GNE, glottal-to-noise excitation

ratio) (Frohlich et al., 2000). Multidimenzionální analýza vyhodnocuje subharmonický stupeň, stupeň nežnělých úseků, tremor, frekvenční kolísání, šumové parametry a amplitudové kolísání. Také je schopen měřit rozsah zpěvního hlasu pro vokály.

### 1.2.2 Akustické parametry

Vibrační pohyb hlasivek může být periodický či aperiodický. Modální hlas využívá periodického vlnění. Výše popsaný chraptivý hlas je typický aperiodicitou, která je kvantifikována parametrem jitter. Jinými slovy, jitter popisuje změnu doby trvání po sobě jdoucích cyklů základní frekvence (Gordon a Ladefoged, 2001).

**Akustická intenzita** popisuje amplitudu kmitů molekul zvuku a je dána amplitudou rozkmitu hlasivek. Ten je ovlivněn intenzitou výdechového proudu a svalovým napětím hlasivkových svalů. Subjektivně je vnímána jako síla hlasu. Na trojrozměrném spektrogramu je akustická intenzita zaznamenána pomocí stupňů šedi kde tmavší barva značí vyšší intenzitu.

**Spektrální sklon** je stupeň, do kterého intenzita klesá, zatímco frekvence stoupá. Kvantifikuje se pomocí porovnání amplitudy základní frekvence s amplitudou vyšších harmonických frekvencí (druhá harmonická frekvence, harmonie blízké prvnímu nebo druhému formantu). U chraptivého hlasu bývá sklon strmě rostoucí. Dochází tedy k menšímu poklesu intenzity ve vyšších frekvencích a rozdíl amplitud je číselně největší. Spektrální sklon dyšného hlasu je strmě klesající. Dochází k největšímu poklesu intenzity ve vyšších frekvencích a rozdíl amplitud je nejmenší. Hodnoty pro modální hlas se nachází mezi těmito dvěma krajními typy (Gordon a Ladefoged, 2001).

Podle měření Blankenshipové (1997) je spolehlivost určení typu hlasu podle spektrálního sklonu závislá na velikosti základní frekvence. Přesnější výsledky při porovnávání amplitudy základní a druhé harmonické frekvence vycházejí u vyšších tónů oproti středovým či nižším tónům. Naopak porovnání základní frekvence s druhým formantem je vhodnější pro středové a nižší tóny.

Holmberg, Hillman, Perkell et al (1995) tvrdí, že základní frekvence a druhá harmonie koreluje s procentem glotálních cyklů během kterých je glottis otevřená (kvocient otevřenosti). To znamená, že čím je amplituda druhé harmonie relativně větší oproti základní frekvenci, tím je kvocient otevřenosti větší

Podle Stevense (1977) míra spektrálního sklonu koreluje s prudkostí uzavírání hlasivek. Čím nižší je amplituda vyšších harmonií vzhledem k základní frekvenci, tím je uzavření hlasivek méně náhlé.



Kvocient otevřenosti a prudkost uzavírání hlasivek jsou spojeny s dyšností. Snížený kvocient otevřenosti v kombinaci s prudkým uzavřením hlasivek je spojeno s chraptivostí.

Základní frekvence je tvořena kmitáním hlasivek. Obecně vyšší základní frekvenci jsou schopny tvořit žena a děti s kratšími hlasivkami okolo 12 mm. Oproti tomu muži s 18 mm tvoří lépe nižší frekvence. S rostoucí délkou hlasivek tedy klesá vytvořená frekvence a tím výška hlasu (Kučera, Frič, Halíř, 2011, s. 5; Lejska, 2003, s. 121). Nemoďální typy hlasu mívají část nižší základní frekvenci.

**Frekvence formantů** se mohou lišit v závislosti na typu fonace. Kirk et al (1993) vyzoroval, že frekvence prvního formantu je u chraptivého hlasu vyšší než u dyšného či modálního. To je nejspíš způsobeno elevací hrtanu se současným zkracováním hlasivek. Oproti tomu, u dyšného hlasu jsou pozorovány nižší intenzity prvního formantu, což by mohlo souviset s depresí hrtanu (Thongkum, 1988).

### 1.2.3 Aerodynamické vyšetření

Aerodynamické parametry hodnotí průtok vzduchu dýchacími cestami při fonaci.

Nejčastěji se setkáváme s neinvazivním měřením maximálního fonačního času (maximum phonation time – MPT). Nejčastěji se hodnotí pro vokál [a], v přirozené hlasové výšce a intenzitě (Frič, Dršata, Švec et al., 2011, s. 84). Můžeme také provést S/Z test, což je poměr fonace neznělé hlásky [z] a znělé hlásky [s]. Tento poměr by se měl pohybovat v rozmezí 0,8-1,2. Vyšší hodnoty poukazují na snížený odpor vzduchu v hrtanu a nižší hodnoty na zvýšený odpor. Ke snížení odporu dochází například při špatné ekonomice fonace, nedomykavosti či parézou hlasivek, a ke zvýšení při spasticitě (Eckel, 1981).

Další neinvazivní, téměř nepoužívaná, metoda je pneumografie, při které dochází k zaznamenání dechových pohybu pomocí měření změn obvodu hrudníku. Tato metoda je vhodná především pro zhodnocení poruchy respirace, zhodnocení vlivu hlasové edukace, zjištění stavu dechové techniky zejména u hlasových profesionálů (i budoucích) a vlivu chybné dechové techniky na vznik hlasových poruch.

Mezi okrajové aerodynamické vyšetření hlasu patří pneumotachografie, spirometrie, měření subglotického tlaku a měření supraglotického tlaku, glotického odporu a rychlosti vydechového proudu v glotis (Frič, Dršata, Švec et al., 2011, s. 86).

### 1.2.4 Další metody vyšetření

Mezi další metody vyšetření patří elektromyografie (EMG) hrtanu, která na základě snímání elektrické aktivity a akčních potenciálů hrtanového svalstva hodnotí jeho stav. Využívá se především pro diagnostiku a progresi obrny hlasivek.

Elektroglotografie (EGG) umožňuje zaznamenání kmitu hlasivek a změn kontaktní plochy hlasivek při fonaci, tedy míru uzavření glotis. Provádí se za pomoci slabého elektrického napětí o vysoké frekvenci.

Psychometrická hodnocení hlasu je subjektivní metoda, kdy pacient sám hodnotí kvalitu svého hlasového projevu. Využit lze index hlasového postižení (voice handicap index – VHI) či škálové hodnocení pomocí vizuální analogové či obrázkové škály.

Voice Handicap Index je standardizovaný dotazník, který pomáhá objektivizovat subjektivní názor pacientů na vlastní kvalitu hlasu. Obsahuje celkem 30 otázek, které jsou rozděleny do 3 kategorií, a to vždy po 10 otázkách. Oddíly jsou: fyzické hodnoty hlasu (P), funkční parametry kvality hlasu (F) a emoční vliv kvality hlasu na kvalitu života (E). Na každou otázku se dá odpovědět pěti možnostmi, které jsou obodovány 0–4 body (0 – nikdy, 1 – téměř nikdy, 2 – někdy, 3 – téměř vždy, 4 – vždy). Výsledek může dosahovat 0–120 bodů, které přímo úměrně vystihují míru potíží (Vydrová 2017, s. 70). Jacobson (1997) stanovila ve své studii střední hodnoty mírného, středního a těžkého postižení, a to pro jednotlivé části dotazníku i pro celkové skóre. Hodnoty a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 3.

**Tabulka 2** Střední hodnoty (se směrodatnými odchylkami v závorce) pro části i celý VHI dotazník (Jacobson, 1997)

Část	Skupiny podle stupně postižení		
	Mírné	Střední	Těžké
Fyzická	15,54 (1,97)	18,63 (1,37)	22,78 (1,48)
Funkční	10,07 (1,99)	12,41 (1,38)	18,30 (1,50)
Emoční	8,08 (2,31)	13,33 (1,61)	20,30 (1,74)
Celkové skóre	33,69 (5,60)	44,37 (3,88)	61, 39 (4,21)

Jako pomocná vyšetření hlasu lze využít audiologii, rentgen, ultrazvuk, CT, MRI, laboratorní vyšetření, bakteriální kultivace a konziliární vyšetření. Tato vyšetření se běžně

využívají při podezření na jinou patologii v oblasti hlavy a krku (Frič, Dršata, Švec et al., 2011, s. 86-90).

## 2 Cíl a hypotézy diplomové práce

### 2.1 Cíl práce

Cílem výzkumu bylo zjištění rozdílu vybraných objektivních parametrů hlasu u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví a tyto změny posoudit.

### 2.2 Hypotézy

Vzhledem k určenému cíli práce byly určeny následující hypotézy:

H<sub>01</sub>: Neexistuje rozdíl v hodnotách Speaking Profile u studentů zpěvu a u studentů jiných uměleckých odvětví.

H<sub>A1</sub>: Existuje rozdíl v hodnotách Speaking Profile u studentů zpěvu a u studentů jiných uměleckých odvětví.

H<sub>02</sub>: Neexistuje rozdíl v délce maximální fonační doby u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

H<sub>A2</sub>: Existuje rozdíl v délce maximální fonační doby u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

H<sub>03</sub>: Neexistuje rozdíl v počtu poškozených hlásek u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

H<sub>A3</sub>: Existuje rozdíl v počtu poškozených hlásek u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

H<sub>04</sub>: Neexistuje rozdíl v hodnotách Dysphonia Severity Index u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

H<sub>A4</sub>: Existuje rozdíl v hodnotách Dysphonia Severity Index u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

## 3 Metody výzkumu

### 3.1 Charakteristika výzkumné skupiny

Měření v rámci experimentu této diplomové práce se zúčastnilo 15 probandů, z toho 11 žen a 4 muži. Jejich věk se pohyboval v rozmezí 18-27 let. Průměrný věk celé skupiny probandů byl 23,01 let se směrodatnou odchylkou 2,47.

První skupina souboru byla vybrána z řad budoucích hlasových profesionálů, konkrétně studentů zpěvu různých ročníků Janáčkovy konzervatoře v Ostravě a Fakulty umění Ostravské univerzity. Dohromady v této skupině bylo 9 probandů, z toho 7 žen a 2 muži. Jejich věk se pohyboval v rozmezí 18-26 let, průměrně 22,56 let se směrodatnou odchylkou 3,06. Průměrný věk žen výzkumné skupiny byl 22,43 let se směrodatnou odchylkou 3,06. Průměrný věk mužů byl 23 let se směrodatnou odchylkou 3. Probandi z Janáčkovy konzervatoře v Ostravě vyplňovali i Voice Handicap Index, avšak výsledky z něj nejsou obsaženy v tomto výzkumu. Všichni studenti se již mnoho let věnovali studiu zpěvu, minimálně na úrovni základních uměleckých škol.

Druhá skupina souboru byla kontrolní. Skládala ze studentů nepěveckých uměleckých oborů Fakulty umění Ostravské univerzity. Konkrétní obory byla malba, hra na klavír, hra na housle, hra na klarinet. Dohromady v této skupině bylo 6 probandů, z toho 4 ženy a 2 muži. Jejich věk se pohyboval v rozmezí 22-27 let. Jejich průměrný věk byl 23,83 se směrodatnou odchylkou 1,50. Průměrný věk žen v kontrolní skupině byl 23, 00 let se směrodatnou odchylkou 1,00. Průměrný věk mužů byl 25,50 let se směrodatnou odchylkou 1,50.

Hlavními vylučujícími kritérii pro zařazení do výzkumu této diplomové práce byly afonie, akutní či chronický zánět dýchacích cest a plicní onemocnění. Probandi tedy byli zdraví, neměli problémy s hlasivkami či fonací. Také nepopisovali žádné bolesti při fonaci, v oblasti krku a hlasivek, mimických svalů ani nepocíťovali žádné subjektivní omezení týkající se tvorby hlasu.

Před každým měřením bylo v rámci evidence pacienta do ambulance Centra pro poruchy sluchu a rovnováhu v Ostravě. Byl tedy vyšetřen sluch včetně sluchového ústrojí, nosní i ústní dutina i hrtan včetně hlasivek a sliznice. Po provedení vyšetření všichni probandi dostali doporučení k dodržování pitného režimu, snažit se udržovat v psychické a fyzické pohodě, provádět dechová a hlasová cvičení, dodržovat zásady hlasové hygieny a v případě potřeby používat rhinokonvičku k výplachu nosní dutiny.

Všichni testovaní probandi podepsali před zahájením měření informovaný souhlas s průběhem studie. Měli možnost se zeptat na jakékoliv dotazy ohledně měření, zpracování a zveřejnění této diplomové práce. Také měli možnost vznést jejich námitky k měření z pohledu studentů zpěvu i uměleckých oborů.

### 3.2 Průběh a metody výzkumu

Studie probíhala formou akustické i aerodynamické analýzy hlasu. Všechna měření probíhala v Centru pro poruchy sluchu a rovnováhy v Ostravě. Experiment probíhal ve stejných podmínkách pro všechny probandy (přiměřená teplota, eliminace rušivých elementů, stálé osvětlení). Měření probíhalo vždy ve stejné místnosti, která je vyhrazena pro vyšetření a analýzu hlasu.

Před každým měřením byli probandi seznámeni s jeho průběhem, měli možnost se zeptat na dotazy či od výzkumu odstoupit. Všichni probandi podepsali informovaný souhlas o průběhu měření (viz příloha 1, s. 67-66). Pořadí probandů bylo náhodné.

Měření obou skupin se uskutečnilo pomocí přístroje Voice Diagnostic Center (VDC) Lingwaver. Přístroj VDC využívá pro hodnocení kvality hlasu fonetogram a dvoudimenzionální analýzu rozsahu hlasu. Pro výpočet výšky tónu se využívá kondenzátorový mikrofón Electret, který je zabudovaný v měřiči zvukového tlaku zajišťující vyšší přesnost měření intenzity. Fonetogram splňuje požadavky směrnic Unie evropských foniatrů pro standardizovanou fonetografii.

Před měřením se probandi postavili k mikrofónu tak, aby jeho vzdálenost od úst byla 15 cm. Následovalo 6 různých úkolů, které byly vysvětleny vždy těsně před samotným provedením. Začátek jednotlivých úkolů byl vždy udán začátkem provádění úkolu probandem, měřitel vždy reagoval neprodleným zahájením záznamu hlasové stopy úkoli. Všichni probandi prováděli zadané úkoly ve stejném pořadí.

Úkoly byly následující:

1. počítání od 20 do 40 normálním hlasem, přirozenou hlasitostí i výškou jako při klidné konverzaci,
2. počítání od 20 do 40 co nejnižším hlasem, ne však šeptem,
3. počítání od 20 do 40 co nejhlasitějším hlasem, ne však křikem,
4. zařvání věty „Hej, co tam děláš?“ s představou volání na známou osobu na druhé straně hlučné ulice, úvodní „hej“ prodloužit na několik sekund,
5. maximální možná doba fonování hlásky [a],

6. postupné fonování jednotlivých hlásek po dobu aspoň 5 sekund v pořadí [a], [e], [i], [o], [u].

Průběh měření byl identický u obou výzkumné i kontrolní skupiny probandů.

### 3.3 Použité metody výzkumu

V rámci jednotlivých úkolů byli zjišťovány různé hlasové parametry.

První úkol, tedy klidná fonace (počítání od 20 do 40 normálním hlasem, přirozenou hlasitostí i výškou jako při klidné konverzaci), sloužil k zaznamenání pro pacienta běžně používaného hlasu do mluvního profilu. Byla zaznamenána jeho intenzita [dB] i frekvence [Hz].

Druhý úkol, tedy tichá fonace (počítání od 20 do 40 co nejtišším hlasem, ne však šeptem), sloužil pro zaznamenání spodního okraje mluvního profilu. Byla zaznamenána jeho intenzita [dB] i frekvence [Hz]. Velmi důležité u tohoto úkolu bylo, aby proband nefonoval pomocí šepotu, nýbrž co nejtišším, avšak mluvním hlasem.

Třetí úkol, tedy hlasitá fonace (počítání od 20 do 40 co nejhlasitějším hlasem, ne však křikem), sloužil pro zaznamenání spodního okraje mluvního profilu. Byla zaznamenána jeho intenzita [dB] i frekvence [Hz]. Velmi důležité u tohoto úkolu bylo, aby proband nefonoval pomocí křiku, nýbrž co nejhlasitějším, avšak mluvním hlasem.

Čtvrtý úkol sloužil k zhodnocení kvality křiku pomocí zařvání věty zařvání věty „Hej, co tam děláš?“. Při tomto úkolu bylo důležité, aby si proband představil situaci, při které potřebuje zařvat dle svých nejlepších možností a nestyděl se. Probandi byli ubezpečeni, že takovéto občasné hlasité projevy jsou v prostorách ordinace běžné a nikoho nevylekají, proto se nemusejí držet zpět. Křik byl pak vyhodnocen a zařazen do skupiny slabý, slabší, norma.

Pátý úkol sloužil jako jediný ke změření aerodynamického parametru Maximal Phonation Time [s]. Před jeho měřením se probandi měli možnost v klidu nadechnout a začít kdykoliv to bylo pro ně vhodné.

Šestý a poslední úkol sloužil ke zhodnocení kvality samohlásek pomocí modulu Vospector. Probandi při něm postupně fonovali české samohlásky po dobu minimálně 5 s. Software kvalitu vypočítá pomocí parametrů minimální, maximální, průměrné a standardní odchylky pro základní frekvenci, chvění (jitter), mihotání (schimmer), GNE (glottal to noise excitation ratio), nepravidelnosti (irregularity), dyšnosti (noise) a celkové tíže poruchy (overall severity). Následně vyhodnotí, zda je samohláska poškozena či se její hodnoty nachází v normě.

Po změření prvních třech úkolů a zadání jejich hodnot do programu byl softwarem vypočten i Dysphonia Severity Index.

### **3.4 Metody statistického hodnocení**

Data byla zpracována v programu statistika, kde byla nejdříve ověřena jejich normalita podmíněna  $p > 0,05$  pomocí Shaphiro-Wilkova testu.

U všech parametrů v rámci celého výzkumného souboru bylo zjištěno normální rozložení. Jediný parametr věku nevykazoval normální rozložení výzkumné skupině. I přes normálové rozložení dat některých parametru musely být kvůli nízkému počtu probandů použity neparametrické metody. Takto byla zajištěna relevantnost porovnávání dat i u malého výzkumného souboru. Pro porovnání vzorků mezi výzkumnou a kontrolní skupinou byl použit Mann-Whitney U test. Hladina statistické významnosti byla určena na  $p < 0,05$ .



## 4 Výsledky výzkumu

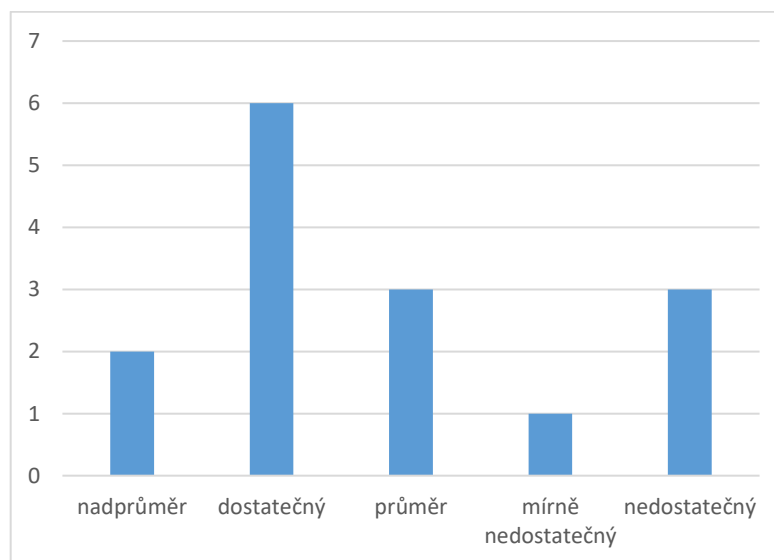
### 4.1 Vyšetření hlasového pole

Níže jsou uvedena data a výsledky k první hypotéze této práce. Data v tabulce 4 (s. 33) zobrazují popisnou statistiku u parametru Speaking Profile, tedy mluvní profil, jinými slovy intenzitní či dynamický rozsah.

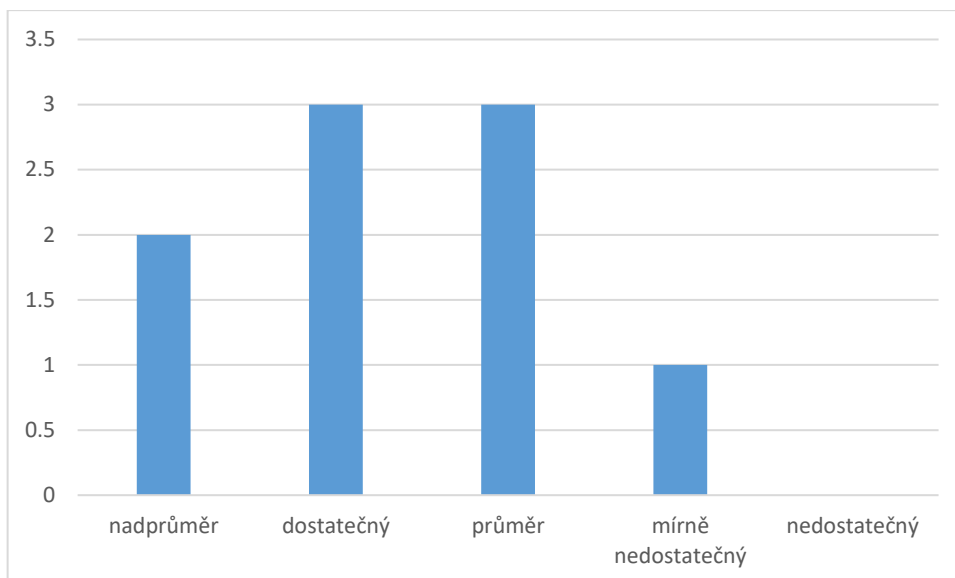
**Tabulka 3** Popisné statistiky Speaking Profile

	Výzkumná skupina	Kontrolní skupina
MIN	33	27
MAX	76	96
MED	50	46
SD	16,8523	26,44743

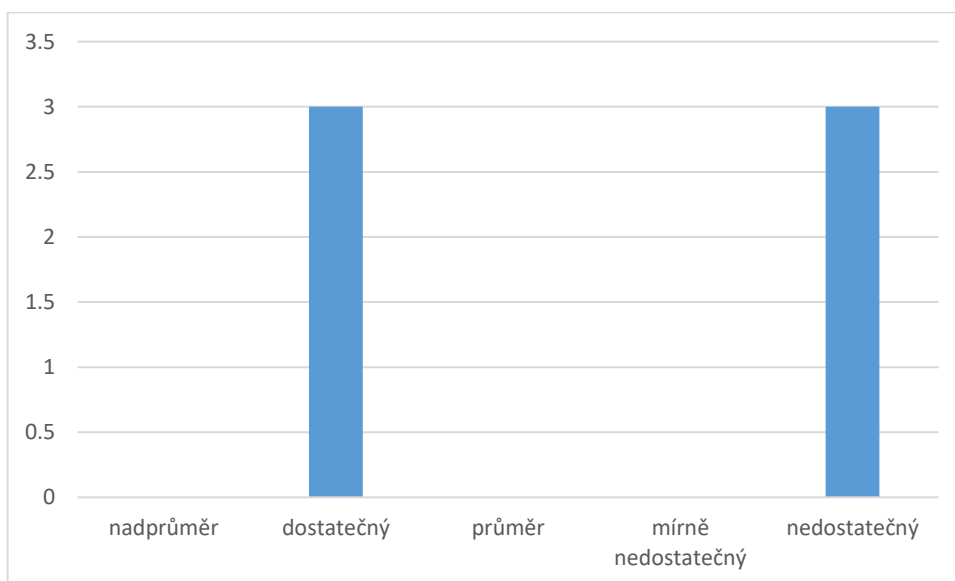
V následujících grafech jsou zobrazeny četnosti výskytu jednotlivých kategorií hodnot Speaking Profile v celém souboru (viz obrázek 2, s. 33) i v rámci jednotlivých testovaných skupin (viz obrázky 3 a 4, s. 34).



**Obrázek 2** Počet probandů z celého souboru v jednotlivých kategoriích Speaking profile



**Obrázek 3** Počet probandů výzkumné skupiny v jednotlivých kategoriích parametru Speaking Profile



**Obrázek 4** Počet probandů kontrolní skupiny v jednotlivých kategoriích parametru Speaking Profile

V následující tabulce 5 (s. 35) jsou vyobrazené hodnoty dynamického rozsahu u žen a u mužů zvláště ve výzkumné skupině, kontrolní skupině a v celém testovaném souboru.

**Tabulka 4** Hodnoty mediánů dynamického rozsahu, rozdělení podle skupin

	Výzkumná skupina	Kontrolní skupina	Celý soubor
MED ženy	37	63	50
MED muži	70,5	34,5	53,5

Pro statistické zhodnocení vztahu parametru Speaking Profile k jednotlivým skupinám byl použit Mann-Whitney U test. Byla stanovena hypotéza  $H_0$ : Neexistuje rozdíl v hodnotách SP u studentů zpěvu a u studentů jiných uměleckých odvětví.

Na hladině významnosti  $p < 0,05$  bylo Mann-Whitney U testem prokázáno, že  $H_0$  nelze zamítnout, jelikož  $p = 0,91$ . Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že hodnoty Speaking Profile se u studentů zpěvu a ostatních studentů jiných uměleckých odvětví významně neliší.

Doplňující tabulka s hodnotami parametru se nachází v příloze pod názvem příloha 2 (s. 69).

Pro dokreslení kvality horní hranice mluvního profilu v obou skupinách je níže přiložena tabulka 6 (s. 35). Z ní vyplývá, že kvalita křiku byla u všech probandů ve výzkumné skupině v normě. Oproti tomu v kontrolní skupině se nacházeli dva probandi vykazující zhoršení kvality křiku, konkrétně jeden se slabším a jeden se slabým křikem.

**Tabulka 5** Kvalita křiku ve skupinách

	Výzkumná skupina	Kontrolní skupina
Norma	9	4
Slabší	0	1
Slabý	0	1

## 4.2 Maximal Phonation Time

Dále jsou uvedena data a výsledky k druhé hypotéze této práce. Data v tabulce 7 (s. 36) zobrazují popisnou statistiku parametru Maximal Phonation Time, tedy maximální možné doby fonace.

**Tabulka 6** Popisné statistiky parametru Maximal Phonation Time

	Výzkumná skupina	Kontrolní skupina
MIN	10,91	10,6
MAX	23,95	20,7
MED	14,9	15,1
SD	4,297924	3,899744

V následující tabulce 8 (s. 36) jsou vyobrazené střední hodnoty dynamického rozsahu u žen a u mužů v rámci celého výzkumného souboru i zvláště u výzkumné i kontrolní skupiny.

**Tabulka 7** Hodnoty mediánů parametru Maximal Phonation Time, rozdělení podle skupin

	Výzkumná skupina	Kontrolní skupina	Celý soubor
MED ženy	14,56	14,05	14,56
MED muži	17,24	17,1	17,24

Pro statistické zhodnocení vztahu parametru Maximal Phonation Time k jednotlivým skupinám byl použit Mann-Whitney U test. Byla stanovena hypotéza  $H_0$ : Neexistuje rozdíl v délce maximální fonační doby u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

Na hladině významnosti  $p < 0,05$  bylo Mann-Whitney U testem prokázáno, že  $H_0$  nelze zamítnout, jelikož  $p=0,77$ . Z tohoto výsledku tedy vyplývá, že maximální fonační doba u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví se významně neliší.

Doplňující tabulka s hodnotami parametru se nachází v příloze pod názvem příloha 2 (s. 69).

### 4.3 Poškozené hlásky

Níže jsou uvedena data a výsledky k 3. hypotéze této práce. Data v tabulce 9 (s. 37) zobrazují hodnoty popisné statistiky počtu poškozených samohlásek dle analýzy pomocí Vospector.

**Tabulka 8** Popisné statistiky analýzy poškozených samohlásek

	Výzkumná skupina	Kontrolní skupina
MIN	0	0
MAX	1	4
MED	0	1
SD	0,527046277	1,505545305

Z následně uvedené tabulky 10 (s. 36) vyplývá, že nejčastěji poškozenou samohláskou bylo [a] (zaznamenáno celkem 4x). Častěji bylo poškození zaznamenáno u kontrolní skupiny. Druhými nejčastěji poškozenými samohláskami byly [o] a [u] (každá 3x). I u těchto samohlásek bylo jejich poškození častěji zaznamenáno v kontrolní skupině ([o] 3x, [u] 2x). Nejméně často poškozenými samohláskami byly [e] a [i] (celkem zaznamenáno 2x). Rozložení poškození těchto dvou samohlásek se ve skupinách nijak neliší.

**Tabulka 9** Četnost výskytu poškození jednotlivých samohlásek, rozdělení podle skupin

	Výzkumná skupina	Kontrolní skupina	Celý soubor
A	1	3	4
E	1	1	2
I	1	1	2
O	0	3	3
U	1	2	3

Pro statistické zhodnocení vztahu počtu poškozených samohlásek k jednotlivým skupinám byl použit Mann-Whitney U test. Byla stanovena hypotéza  $H_03$ : Neexistuje rozdíl v počtu poškozených hlásek u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

Na hladině významnosti  $p < 0,05$  bylo Mann-Whitney U testem prokázáno, že  $H_03$  nelze zamítnout, jelikož  $p=0,09$ . Z tohoto výsledku vyplývá, že počet poškozených samohlásek se u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví statisticky významně neliší.

Doplňující tabulka s hodnotami parametru se nachází v příloze pod názvem příloha 2 (s. XY).

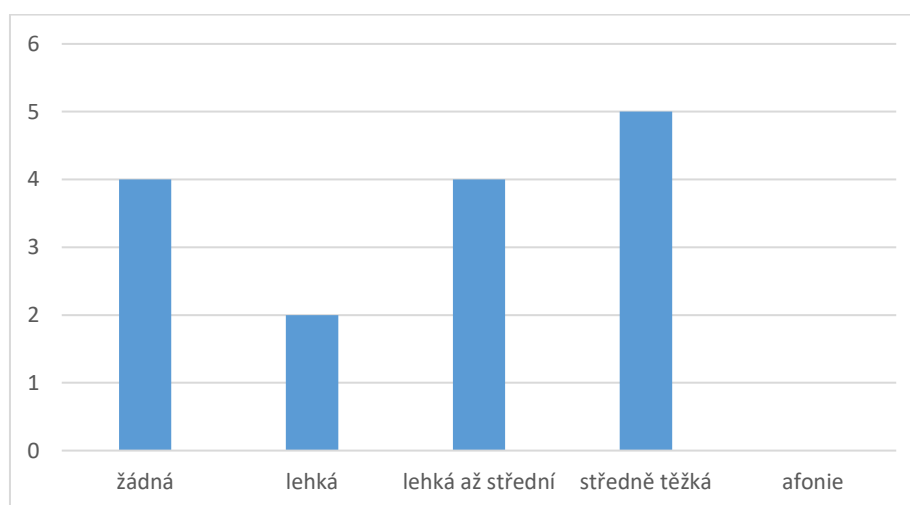
#### 4.4 Dysphonia Severity Index

Níže jsou uvedena data a výsledky ke 4. hypotéze této práce. Data v tabulce 9 (s. 38) zobrazují popisnou statistiku k parametru Dysphonia Severity Index.

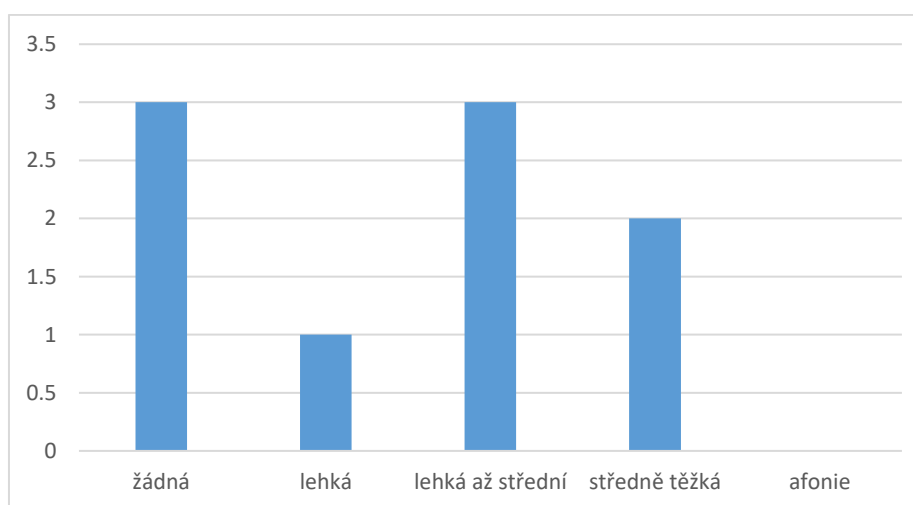
**Tabulka 9** Hodnoty mediánů parametru Dysphonia Severity Index, rozdělení podle skupin

	Výzkumná skupina	Kontrolní skupina	Celý soubor
MIN	0,4	0,6	0,4
MAX	5,1	4,5	5,1
MED	3,2	2,5	3,2

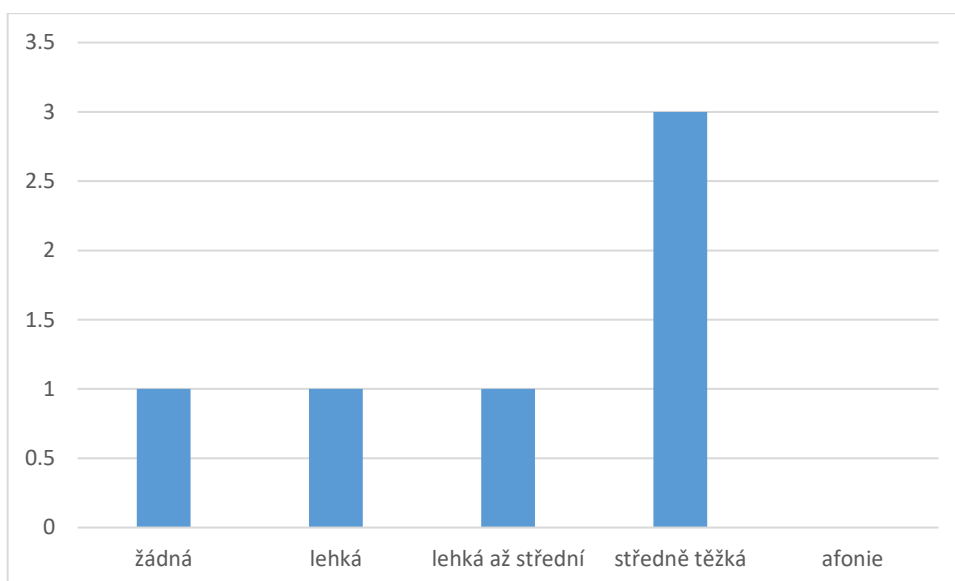
Níže jsou formou grafů zobrazeny četnosti výskytu dat v jednotlivých kategoriích hodnot parametru Dysphonia Severity Index v celém souboru (viz obrázek 5, s. 38) i rozdělené zvlášť v rámci výzkumné a kontrolní skupiny (viz obrázky 6 a 7, s. 38-39).



**Obrázek 5** Počet probandů výzkumného souboru v jednotlivých kategoriích parametru Dysphonia Severity Index



**Obrázek 6** Počet probandů výzkumné skupiny v jednotlivých kategoriích parametru Dysphonia Severity Index



**Obrázek 7** Počet probandů kontrolní skupiny v jednotlivých kategoriích parametru Dysphonia Severity Index

Pro statistické zhodnocení vztahu počtu poškozených samohlásek k jednotlivým skupinám byl použit Mann-Whitney U test. Byla stanovena hypotéza  $H_0$ : Neexistuje rozdíl v hodnotách Dysphonia Severity Index u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

Na hladině významnosti  $p < 0,05$  bylo Mann-Whitney U testem prokázáno, že  $H_0$  nelze zamítnout, jelikož  $p=0,41$ . Z tohoto výsledku vyplývá, že hlasový parametr Dysphonia Severity Index se u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví statisticky významně neliší.

Doplňující tabulka s hodnotami parametru se nachází v příloze pod názvem příloha 2 (s. 69).

## 5 Diskuze

### 5.1 Vyšetření hlasového pole

Měření hlasového pole je jedno z nejdůležitějších vyšetření vlastností lidského hlasu. Jinými slovy se nazývá fonetografie. Jeho výhodou je souvislost se základní frekvencí  $F_0$ . Běžně se využívá pro posouzení hlasu a jeho dynamického rozsahu i pro zhodnocení efektu hlasové terapie. Dokumentuje hlasovou kapacitu včetně okrajových fyziologických možností hlasu za přiměřených podmínek a pomáhá vytvářet dvojrozměrný obraz rozsahu hlasu.

Síla hlasu je ovlivněna schopností rozkmitat hlasivky, proudem vydechovaného vzduchu, odporem kladeným hlasivkami, velikostí hlasivkového svalu, umístěním hlasivek v hrtanu, velikostí krku i tvarem a velikostí rezonančních prostor. Při patologiích se na snížení hlasitosti podílí především zmenšení rezonančních prostor zbytněním tkání nebo zánětem.

Celkově jakékoliv měření akustického tlaku vytvářeného hlasem je závislé na vzdálenosti úst od mikrofону, prostředí, kterým se zvuk nese, v němž dochází k většímu či menšímu zkreslení, a úsilí fonující osoby. Vzdálenost mikrofону od úst je parametr, který se v mnoha studiích liší, a proto můžou být hodnoty při porovnávání více experimentů matoucí. V případě potřeby lze převést podle rovnice zákona vzdálenosti:

$$L_{d2} = L_{d1} - 20 \times \log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

kde  $L_{d1}$  a  $L_{d2}$  jsou hladiny akustických tlaků ve dvou různých vzdálenostech  $d_1$  a  $d_2$  (Švec a Granqvist, 2010).

Také typ vokálů ovlivňuje maximální dosažitelnou hlasitost. Obecně platí, že u otevřených vokálů [a] a [o] dokáže jedinec dosáhnout vyšší maximální hlasitosti než u uzavřených vokálů [u] a [i] (Frič, 2008). Pomocí zlomových bodů a hraničních křivek fonetografu lze určit rozsah hlasových rejstříků (Sulter, Schutte a Miller, 1995).

Hranice celkového hlasového pole zobrazují dynamické schopnosti jedince, a to v celém frekvenčním, jinými slovy tónovém, rozsahu (Frič, 2008). Intenzitní či dynamický rozsah je rozdíl maximální a minimální hladiny akustického tlaku neboli hlasitosti. Průměrný rozsah je u mužů kolem 25 dB a u žen kolem 23 dB. Tento parametr je nepřímo úměrný s věkem, tedy s narůstajícím stářím klesá (Berg et al. 2017). U zpěváků se běžně setkáváme s hodnotami okolo 50 dB (Lycke and Siupsinkiene 2016). Pro normální populaci by měla dosáhnout aspoň 20 dB. Nižší hodnoty jsou způsobeny především nemožností dosažení tichého hlasu při patologiích (Vydrová, 2017, s. 60).



Sulter, Schutte a Miller (1995) ve své studii zkoumali fonetogramy trénovaných a netrénovaných mužů a žen. Ve skupině žen bylo průměrné minimum hlasitosti u trénovaných i netrénovaných při 10 % dosažitelné frekvence. Průměrné maximum hlasitosti u obou skupin pak bylo dosaženo při 90 % dosažitelné frekvence. Konkrétní průměrné hodnoty u netrénovaných byly 51,4 dB minimum a 103,8 dB maximum. U trénovaných bylo průměrné minimum 44,2 dB a maximum 104,1 dB. Tyto hodnoty naznačují schopnost fonace trénovaných žen při nižší hlasitosti, což vyžaduje preciznější práci s tvorbou subglotálního tlaku. Průměrná maximální hodnota intenzity se u trénovaných a netrénovaných lišila pouze o minimální hodnotu. Oproti tomu u mužů se nacházely průměrné nejnižší hodnoty hlasitosti na 20% frekvenci a nevyšší na 60% frekvenci u netrénovaných a 70% frekvenci u trénovaných. Jejich průměrné hodnoty netrénovaných byly 46,6 dB minimum a 100,3 dB maximum. U trénovaných bylo průměrné minimum 45,7 dB a maximum 101,2 dB. Tyto hodnoty se příliš neliší. Pokud z těchto průměrných okrajových hodnot vypočteme rozsah, u žen nalzáme hodnotu 52,4 dB u netrénovaných a 59,9 dB u trénovaných. U mužů pak 53,7 dB u netrénovaných a 55,5 dB u trénovaných. Znovu tak vidíme větší rozdíly mezi hodnotami trénovaných a netrénovaných u žen než u mužů. Trend dosažení okrajovějších hodnot, a tedy většího intenzitního rozsahu pozorujeme vždy u trénovaných. Tyto výsledky mohou být podle autorů zapříčiněny větší přirozenou hlasovou kapacitou či pokročilejší schopnosti kontroly hlasové tvorby. Navíc míra schopnosti kontrolovat fonaci je přímo spojena s dynamickými i frekvenčními rozsahy.

Ve studii Brockmann-Bauser et al. (2019) pak nezávisle na pohlaví zjistili střední intenzitní rozsah 45 dB(A), průměrný 45,1 dB(A) (10,1) SD. Tyto hodnoty jsou menší než hodnoty naměřené v předchozích studiích.

Pro srovnání hodnot, podle Lejsky (2003, s. 124) je u člověka minimální intenzita 40 dB a maximální 90 dB, někdy až 105 dB. Z těchto hodnot vypočtený orientační dynamický rozsah je 50-65 dB.

Hlasoví profesionálové používají v řeči významně vyšší střední úrovně intenzity řeči (Shaheen, 1993; Frič, 2008; Awan, 1993) a také výrazně vyšší rozsahy mluvené intenzity než běžná populace bez hlasového tréninku (Shaheen, 1993; Awan, 1993). Také velikost plochy hlasového pole (vocal area) je větší u hlasových profesionálů (včetně zpěváků) než u běžné populace (Frič, 2005). Navíc jeho menší plocha naznačuje hlasovou patologii, kdy s menší plochou předpokládáme vyšší stupeň poruchy. Menší plocha je dána omezením ze všech směrů. Pacienti mívají menší frekvenční rozsah a menší hodnoty maximálního dynamického rozsahu (Frič, 2008). Nemožnost dosáhnouti dostatečně vysokého dynamického maxima může

souviset s nedostatečným uzavřením glottis (Schneider, Bigenzahn, 2003), které se vyskytuje u mnoha hlasových patologiích.

Největší rozdíly hlasového pole u profesionálů a běžné populace lze pozorovat při porovnávání běžného a zpěvního hlasu, a to při porovnání normální hlasitosti i hlasu se zvýšenou hlasitostí (Frič, 2008). Mnohdy se měří i Voice Range Profile (VRP). Ten stejně jako Speech Range Profile (SRP), tedy měření hlasového pole popisované v této práci, popisuje minimální a maximální dosaženou frekvenci a hlasitost, čímž ohraničuje hlasové pole. Rozdíl mezi VRP a SRP je ten, že při VRP měřený fonuje opakovaně hlásku co nejtišeji a nejhlasitěji, ve všech dosažitelných tónových výškách, zatímco při měření SRP se nahrává pouze mluvní hlas a křik. I přes jiný postup měření a samotný způsob fonace, u eufonické populace nejsou významné rozdíly mezi krajními hodnotami hlasitosti a frekvence u měření VRP a SRP (D'Altari, Marchese, 2014). To potvrzují ve své studii i Hallin et al. (2012), podle kterých hodnoty rozsahu VRP a SRP spolu korelují. Konkrétně všechny parametry kromě rozsahu frekvence vykazují vysokou míru korelace. Rozsah frekvence vykazuje mírnou míru korelace. U dysfonických pacientů však rozdíl nacházíme, a to především v časté nemožnosti dostatečně dlouhé a adekvátní fonace samohlásek pro zaznamenání přístrojem. Pokud se však podaří změřit VRP, hodnoty SRP bývají signifikantně vyšší. Tyto poznatky naznačují větší vhodnost využití SRP pro zhodnocení limitů hlasu u eufonických i dysfonických pacientů (D'Altari, Marchese, 2014), i když lze využít obě dvě metody a běžně se s nimi ve studiích setkáváme (Hallin et al., 2012). Tyto poznatky navíc potvrzují za použití podobného vybavení a metodiky studie Sanchez et al. (2014).

Subjektivně vnímaná intenzita hlasu je zjišťována pomocí měření hladiny akustického tlaku (Speech Pressure Level – SPL). Podle doporučení Union of European Phoniaticians by pro správné zhodnocení intenzity hlasu měl být použit pro měření váhový filtr A [dB(A)]. Tento filtr redukuje vliv šumu v místnosti, kde se provádí měření, a zohledňuje frekvenční závislost citlivosti lidského sluchu. Bez snížení hladiny okolního hluku dochází k zaznamenání hluku především v nízkých frekvencích, což je typické pro akusticky neupravené místnosti. Navíc částečně zeslabuje i vysoké frekvence. Je nutno podotknout, že po tomto doporučení z roku 1983 byly zhotoveny studie, které navrhují lepší možnosti. Například podle studií od Gramming (1991) a Hunter, Švec a Titze (2006) je výhodnější použít neváhovou, tedy lineární hodnotu SPL [dB]. V literatuře se setkáváme s označením váhový filtr Z (nulový, z angl. „zero“). Hodnoty měřené s nulovým filtrem nabízí lepší fyziologickou interpretaci kontur hlasového pole a lepší možnosti jejich vzájemných porovnávání. To se projevuje zejména v nižší části hlasového pole v oblasti pod 500 Hz tím,

že nedochází ke snížení nejnižší části spodní SPL kontury. Tento filtr byl teprve nedávno schválen podle mezinárodní normy.

Popisné statistiky mluveného profilu z výzkumu v této práci ukazují, že střední hodnota dynamického rozsahu je u výzkumné skupiny vyšší (50 dB) než u kontrolní skupiny (46 dB). Tato zjištění korelují s výše uvedenými poznatky ve studiích. Pokud však rozdělíme obě skupiny na podskupiny podle pohlaví, nacházíme odlišné rozdíly hodnot. Střední hodnota žen ve výzkumné skupině je 37 dB a 70,6 dB u mužů. V kontrolní skupině je střední hodnota u žen 63 dB a 34,5 dB u mužů. Pozorujeme tedy významně větší dynamický rozsah u žen z kontrolní skupiny oproti výzkumné skupině a u mužů naopak menší. Výsledky mohou poukazovat na horší snášení vysoké hlasové zátěže požadované při studiu zpěvu ve skupině žen, anebo stydlivost netrénovaných mužů při měření, kteří tak ve skutečnosti nemuseli dosáhnout svého hlasového maxima.

## 5.2 Maximální fonační doba

Maximální fonační doba (Maximal Phonation Time, MPT) je čas, po který dokáže jedinec nepřetržitě fonovat po jednom nádechu. Její jednotkou jsou sekundy. Obzvláště pro zpěváky či hudebníky hrající na dechový nástroj je to velmi důležitý parametr, který souvisí se schopností ovládnutí tvorby vydechovaného proudu vzduchu. Odráží v sobě tedy schopnost regulace dechu a hlasovou zdatnost jedince. Schopnost dlouhodobého udržení fonace je důležitá především při dlouhých a trvalých úsecích vystoupení a je obzvláště náročná při současném vykonávání pohybu, kdy pracující svalstvo zvyšuje nároky na respiraci a poptávku kyslíku (Sliiden, Beck, MacDonald, 2016).

MPT závisí na schopnosti kmitání hlasivek, rezonančních schopnostech vokálního traktu, výšce a síle tónu, druhu fonovaných hlásek, vitální kapacitě plic, ekonomice dechu a dechové opoře, věku, pohlaví, stavbě těla a trénovanosti vyšetřovaného i na stavu jeho vegetativního nervového systému (Lacina, 1986, s. 50). U zdravé dospělé populace by měla dosáhnout 15-20 sekund, hodnota pod 10 sekund je již požadována za patologickou. Hála a Sovák (1962, s. 60) udávají hodnoty až 25 sekund u mužů a 20 u žen. Krátká doba může být dána nedostatečným uzavřením hlasivek, přičemž dochází ke zvýšenému úniku vzduchu přes rima glottis (Vydrová 2017, s. 60 a 63; Lejska, 2003, s. 130). U profesionálních zpěváků dosahuje běžně 40-60 sekund (Frostová 2010, s. 66; Lejska, 2003, s. 130). Je obecně znám, že u starší populace klesá, dokonce nacházíme negativní korelaci. Jinými slovy se stoupajícím věkem hodnota MPT klesá (Hirano, 1989). Co se týče síly tónu, nejvýhodnější je pro co nejdelší fonaci přirozená hlasitost. Podle Lejsky (2003, s. 130) se nachází v rozmezí 50-80 dB

a nejdelší fonace je možná při 60 dB. Při intenzitách mimo toto rozmezí se doba fonace zkracuje. Šepot a křik je tedy pro člověka neekonomický.

Ve studiích se setkáváme s průměrnými hodnotami pro nezpěváky 30 sekund (SD 10) u mužů a 22.6 (SD 6.0) sekund u žen (Sliiden, Beck, MacDonald, 2016), či 18 sekundami (SD 7,8) bez ohledu na pohlaví (Brockmann-Bauser, Balandat, Bohlender, 2019), respektive 16,14 (SD 6,17) (Karlsen, Sandvik, Heimdal et al., 2018).

Některé studie nenachází korelaci mezi vitální kapacitou plic a MPT, a to u mladých dospělých (Solomon, Garlitz, Milbrath, 2000), dospělých i starší populace (Carréra, Araújo, Lucena, 2016). Na druhou stranu jsou studie, které prokazují tuto korelaci u žen trénovaných v klasickém zpěvu (Smidt, Klingholz, Martin, 1988; Lima, Palmeira, Costa et al., 2014).

U zpěváků často nacházíme svalové dysbalance či hyperfunkci dýchacích svalů, které vedou k asymetrii a nepravidelnosti na úrovni hlasivek (například nedostatečná abdukce). Tyto skutečnosti mohou vést ke zvýšenému proudění vzduchu a snížené efektivnosti respirace, což se při hlasové analýze projeví kratší dobou MPT a někdy i zvýšenou dyšností (Hirano, Koike, von Leden, 1968). Kromě těchto příčin může být dyšnost způsobena i hypofunkcí hlasové produkce či hlasovým vyčerpáním (Leino et al., 2008).

Fonační doba je delší při plynulejším výdechovém proudu (Lejska, 2003, s. 130), který požaduje koordinovanou souhru hlavních i vedlejších výdechových svalů. Navíc, pro kvalitní výdech je potřeba kvalitní nádech. Právě na této úrovni se v hlasové rehabilitaci může nejvíce uplatnit fyzioterapeut, především v rámci respirační fyzioterapie.

Velkou výhodou tohoto parametru je nenáročnost měření. Jako vybavení postačí kvalitní stopky. Proband zpravidla fonuje hlásku v intenzitě a výšce pro něj přirozené, avšak fonovaná hláska se může v různých měřeních lišit. Běžně se měří fonace hlásky [a], avšak setkáváme se i s měřením konsonant [s] či [z] (Sliiden, 2016). Je to jeden z nejvíce světově používaných aerodynamických parametrů při hlasové analýze (Dejonckere, Bradley, Clemente et al., 2001).

Maximální fonační doba je objektivní aerodynamický parametr vhodný pro zhodnocení efektu hlasové terapie, léčby i invazivních postupů upravujících hlasové ústrojí. Dokáže nahradit aerodynamické měření často využívaného parametru Mean Airflow Rate (MFR, ml/s) (Hirano, 1989). Jeho nízká hodnota koreluje s hlasovými poruchami (Tuomi, Björkner, Finizia, 2014; Zhuge, You, Wang et al., 2016), avšak nedokáže je rozlišit (Hirano, 1989). Navíc Karlsen (2018) pozoroval korelaci s jinými parametry a našel negativní korelaci s  $F_0$ , jitter, shimmer, NHR i subjektivním stupněm hlasových problémů. Zhodnocení efektu terapie sledoval například Harries (1996) u pacientů po tyroplastice I typu, kdy dochází

k prodloužení maximální doby fonace o 3-7 sekund. Po injekci kolagenu dochází u pacientů s parézou hlasivek k prodloužení o 5 sekund a u atrofie hlasivky o 2 sekundy (Boedts, Roels, Kluyskens, 1967).

V této práci je porovnávána maximální fonační doba u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých oborů. Nulová hypotéze na základě statistického zhodnocení nelze zamítnout, proto nelze říci, že by mezi skupinami byl signifikantní rozdíl mezi tímto parametrem. Pokud se blíže podíváme na jednotlivé hodnoty probandů z výzkumné skupiny a porovnáme je s optimálním rozsahem pro běžnou populaci 15-20 sekund, vidíme, že z celkového počtu 9 probandů se 2 pohybují v normě a 2 jsou nadprůměrní, a to pouze o několik sekund. Zarážející je zbylých 5 probandů, kteří se pohybují v podprůměrných, třebaže nepatologických, hodnotách. Pokud porovnáme s požadavky na trvání tónů v obvyklé vokální hudbě 12-15 sekund (Lejska a Sovák, 2003, s. 61), hodnoty u 8 probandů jsou dostačující. Výsledky mohly být ovlivněny vysokou hlasovou zátěží, ve které se většina probandů v rámci studia nacházela. Nutné je však si uvědomit, že v profesním životě se předpokládá trvale vysoká hlasová zátěž, a proto by měli dodržovat zásady hlasové hygieny a předcházet přetížení.

V kontrolní skupině z 6 probandů u 3 nacházíme podprůměrné nepatologické hodnoty, u 2 průměrné a u 1 nadprůměrnou, i když o necelou sekundu. Tyto výsledky se pohybují okolo norem ani nevykazují výrazně nadprůměrné hodnoty.

Pokud se podíváme na hodnoty podle pohlaví, u mužů vidíme větší střední hodnoty, a to v celém výzkumném souboru i v jednotlivých skupinách. Ve výzkumné skupině je hodnota u mužů 17,24 s, u žen 14,56 s. V kontrolní skupině je to u mužů 17,1 s a u žen 14,05 s. U všech mužů 17,24 s a u žen 14,56 s. Vyšší hodnoty u mužů jsou uváděny i ve zmíněných studiích.

### **5.3 Kvalita samohlásek, vospector**

Kvalita jednotlivých hlásek lze posoudit podle zhodnocení v programu Lingwaves, modul Vospector. Kvalitu vypočítá software z hodnot minimální, maximální, průměrné a standardní odchylky pro základní frekvenci, chvění (jitter), mihotání (schimmer), GNE (glottal to noise excitation ratio), nepravidelnosti (irregularity), dyšnosti (noise) a celkové tíže poruchy (overall severity) (WEVOSYS, 2014). Jinými slovy v sobě odráží schopnost fonovat jednotlivé samohlásky vydechovaným vzduchem bez nadbytečných turbulencí a bez výkyvů výšky tónů a hlasitosti. K tomu je nutné, aby celý průběh tvorby hlasu probíhal fyziologicky. Odchylky od normální kvality jsou rozlišitelné uchem posluchače i fonujícího člověka.

Frekvence formantů nejsou jediným určujícím prvkem kvality samohlásky (Bladon a Lindblom, 1981). Zato základní frekvence (Ryalls a Lieberman, 1982), posuny formantů (Ohde a German, 2011) a amplitudy vrcholů vyšších formantů (Carlson, Fant, Granstörn, 1975) nejspíš hrají roli v kategorizaci samohlásek.

Nejlépe rozlišitelné samohlásky jsou [a], [i] a [u], protože se nachází na vrcholech vokálního trojúhelníku. Mají tedy nejextrémnější hodnoty. Samohlásky [i] a [u] mají nízkou frekvenci prvního formantu, samohláska [a] naopak vysokou. To je dáno vyšším postavením jazyka u prvních dvou samohlásek. Druhý formant je nejvyšší pro [i], nejnižší pro [u] a ve střední hodnotě pro [a], což je dáno různou předozadní pozicí jazyka při fonaci (Franca, Almeida, Lopes, 2019).

Akustické parametry související na glotálním zdroji, jako např. disturbance a šum, jsou nejlépe rozlišitelné uchem posluchače. Proto jsou důležité u patologického hlasu, kde je kladen hlavní důraz na srozumitelnost řeči pro zachování komunikační funkce. Dysfunkce na této úrovni však může být do jisté míry kompenzována artikulací.

Parametry využívající se pro hodnocení kvality hlasu lze využít i u objektivizace hlasové funkce při hlasových patologiích. Hodnoty jitter, shimmer a HNR výrazně odlišují děti s hlasovými uzlíky od těch, které nemají žádné patologické změny v hrtanu, přičemž nejcitlivějším indikátorem změn na strukturách hrtanu jsou hodnoty HNR (Niedzielska, Glijer a Niedzielski, 2001).

Ve studii Franca et al. (2019) byly u žen s hlasovými uzlíky naměřeny nižší hodnoty prvního a druhého formantu u samohlásek [a], [i] a [u] oproti zdravým ženám. Navíc vykazovaly ženy s uzlíky nižší rozsah pohybu artikulátorů a menší samohláskový prostor. Podle Maryn et al. (2010) je hodnocení souvislé fonace samohlásek relativně improvizovaný zdroj informací o hlasové funkci pro komunikaci. K tomu je vhodnější testovat hlasové začátky a konce a výkyvy intenzity a frekvence při čtení standardizovaného textu. Na druhou stranu pro zpěváky je i kvalitní dlouhá fonace samohlásek důležitá, jelikož ji jako jediní z řad hlasových profesionálů často používají. Navíc, fonace jednotlivých hlásek eliminuje vliv artikulačních a prozodických interindividuálních rozdílů.

Každá samohláska má rozdílnou základní frekvenci  $F_0$  a tím pádem různé napětí hlasivek. Proto by nepravidelnosti a odchylky od  $F_0$  během fonace mohly být různě velké. Konkrétně vysoké samohlásky ([i], [u]), fonované za většího napětí hlasivek, by měly menší odchylky od základní frekvence, než nízké samohlásky ([a], [e]). To však ve své studii navrhuje Park et al. (2011) a navrhuje, že rozlišení samohlásek by mohla ovlivňovat akustická

impedance vokálního traktu. Při vysoké impedanci by vokální trakt mohl ovlivnit hlasivky a vést k jejich méně stabilní a pravidelné vibraci (Titze, 2008).

Samohlásky lze nejjednodušeji akusticky charakterizovat, protože jejich formáty i další parametry jsou poměrně stabilní v čase (Moore, 2003 in Baumann, 2010). Kvalita samohlásek by se mohl zdát jako nevhodný parametr pro objektivní zhodnocení hlasu kvůli rozdílnému mateřskému jazyku, dialektu a jazykovým zázemím, avšak není tomu tak. Fonace samohlásek závisí hlavně na anatomické struktuře hlasových orgánů (Kuwabara a Ohgushi, 1984). Stejně tak specifika hlasu dány anatomickými rozdíly vokálního traktu a naučeným způsobem fonace či používání hlasu (Hecker, 1971).

Dyšnost a hrubost jsou dvě hlavní determinanty hlasové kvality. Aby byl hlas kvalitní, nesmí tedy docházet k nadměrnému úniku vzduchu a nepravidelnosti vibrací hlasivek při fonaci (Hirano, 1981 in Anand et al., 2008). V několika studiích byly právě tyto parametry zkoumány u jednotlivých samohlásek u zdravých osob. Při zkoumání hrubosti (Lively a Emanuel, 1970; Sansone a Emanuel, 1970) byly nalezeny rozdíly a nejvíce závisely na pohlaví. Samohláska [a] u mužů vykazovala největší hrubost, naopak u žen nejmenší. U dyšnosti již takové rozdíly nalezeny nebyly (Hillenbrand, Cleveland, Ericson, 1994).

Vyšetření pomocí modulu Vospector využila ve své studii Kučová et al. (2015), která zkoumala efekt augmentace hlasivek autologním tukem (minimálně invazivní výkon, indikace při menší insuficienci uzávěru hlasivek do 3 mm). Po terapii došlo ke zlepšení všech akustických parametrů včetně MPT.

V této studii měli probandi z výzkumné skupiny střední hodnotu poškozených samohlásek 0 (SD 0,53) a z kontrolní skupiny 1 (SD 1,51). To znamená, že probandi z výzkumné skupiny měli nižší výskyt poškozených samohlásek než z kontrolní. Zároveň v kontrolní skupině byla výrazně vyšší maximální hodnota a tím je dán i vyšší směrodatná odchylka.

Při porovnání součtu poškozených samohlásek mezi skupinami vidíme více poškozených v kontrolní skupině, konkrétně 10. Ve výzkumné skupině jsou 4. V rámci pěvecké profese by však výskyt poškozených hlásek měl být nulový vzhledem k estetickému prožitku zpěvu posluchačem i srozumitelnosti textu.

Pokud se podíváme na četnost poškození hlásek, vidíme, že nejčastěji se objevuje poškození samohlásky [a] a to více v kontrolní skupině. Další nejčastější hláskou jsou [o] a [u], které jsou opět častěji poškozeny v kontrolní skupině. Samohlásky [i] a [e], jsou nejméně často poškozené a rozložení mezi skupinami je rovnoměrné.

Ve výzkumu v rámci bakalářské práce Jamrozové (2016) byla nejčastěji poškozená z hlásek [a], [i] a [u] hláska [u]. Naopak nejméně často poškozená byla hláska [a]. Tyto výsledky jsou v rozporu s výzkumem v této práci. To je nejspíš dáno malým počtem probandů ve výzkumném souboru.

## 5.4 Dysphonia Severity Index

Dysphonia Severity Index poskytuje objektivní a kvantitativní zhodnocení kvality hlasu. Je to lineární kombinace několika hlasových parametrů, získaných pomocí aerodynamické a akustické hlasové analýzy a Voice Range Profile. Konkrétně je vypočítán z těchto hlasových parametrů: nejvyšší dosažená frekvence ( $F_0$ -High v Hz), nejnižší dosažená intenzita (I-Low v dB), maximální fonační doba (MPT v s) a chvění (Jitter v %). Nejvyšší frekvence je vlastně nejvyšší tón, který je proband schopen fonovat. Nejnižší intenzita je měřena jako nejtišší fonace, která ještě není šepot. Chvění je periodické kolísání frekvence čili kolísání tónu, které posluchač vnímá jako nestálou výšku tónu (Wuyts et al., 2000). Vypočítá se podle vzorce:

$$DSI = 0,13 \times MPT + FO - High - 0,26 \times ILow - 1,18 \times Jitter(\%) + 12,4$$

Parametr Dysphonia Severity Index tedy může být dobrým srovnávacím parametrem, který popisuje rozdíly v hlasových možnostech a dokáže rozlišit patologický hlas od zdravého. Hodnoty DSI vždy spadají do některé z kategorií, od žádné dysfonie, přes lehkou dysfonii, až afonie. V praxi se kromě pro zhodnocení hlasu používá i pro zhodnocení efektu hlasové rehabilitace, hlasového tréninku či chirurgického zákroku (Hakkestegt, Brocaar, Wieringa, 2010).

I přesto, že je parametr považován za statné měřítko, podle některých studií se může jeho hodnota více či méně lišit v jednotlivých zeměpisných oblastech, věkových skupinách, u osob s různými hlasovými zkušenostmi i u osob různých etnicit (Hakkestegt, Brocaar, Wieringa et al., 2006; Jayakumar, Savithiri, 2012).

Na druhou stranu, pohlaví nemá žádný vliv na hodnotu DSI. Jednotlivé hodnoty obsažené ve vzorci se liší, avšak svůj účinek neutralizují. Konkrétně hodnota maximální fonační doby bývá u mužů vyšší než u žen, naopak hodnota základní frekvence hlasu  $F_0$  bývá vyšší u žen. Díky tomuto faktu tedy můžeme parametr hodnotit u skupin, do kterých jsou zahrnuti jedinci obou pohlaví (Wutys, De Bodt, Molenberghs et al., 2000).



Podle meta-analýzy Sobol et al. (2020) je normativní hodnota DSI 3,05, která spadá do kategorie lehká až střední dysfonie. Subjekty v této analýze byly ve věku 17,3-94 let, proto by se dalo říct, že byly pokryty všechny dospělé věkové kategorie.

V této studii z 16 probandů žádný neměl hodnoty poukazující na afonii, 5 probandů mělo středně těžkou dysfonii, 4 probandi lehkou až střední dysfonii, 2 lehkou dysfonii a 4 žádnou. To znamená, že probandi s dysfonií v tomto výzkumném souboru převažovali. Ve výzkumné skupině měli 2 probandi středně těžkou dysfonii, 3 lehkou až středně těžkou, 1 lehkou a pouze 3 probandi nevykazovali známky dysfonie. To znamená, že více jak polovina studentů zpěvu zúčastněných této studie měla nějaký stupeň dysfonie. Určitě stojí za zvážení, zda by osoby s takovýmto deficitem měli pokračovat ve studiu a zvolit profesi zpěváka. Pokud ano, doporučovala bych jim podstoupit další vyšetření a konzultace s lékařem pro odstranění jejich problémů. V kontrolní skupině pak polovina (3 probandi) měla středně těžkou dysfonii, 1 lehkou až střední, 1 lehkou a pouze 1 proband dysfonii neměl. Tyto míry poškození hlasu, ani v rámci subjektivního zhodnocení měřitelem během měření, nenarušovali komunikační schopnost probandů.

Pokud se koukneme na střední hodnoty probandů této studie a srovnáme ji s normativní hodnotou 3,05 (Sobol a Sielska-Badurek, 2020), zjistíme, že hodnota 3,2, která je pro celý výzkumný soubor je nadprůměrná. Stejnou střední hodnotu vykazuje výzkumná skupina, proto hodnota v ní je také nadprůměrná. Naopak hodnota v kontrolní skupině (2,5) je podprůměrná. Tato zjištění korelují s předpokladem většího výskytu jedinců se zdravým hlasem v řadách studentů zpěvu, avšak jejich hodnoty jsou vzhledem k jejich budoucí profesi nejspíš nedostačující.

## 5.5 Výstup do praxe

Síla hlasu je ovlivněna intenzitou vydechovaného vzduchu procházejícím přes glottis. Tento vzduch rozkmitává hlasivky a tvoří hrtanový tón, právě určité intenzity. Zároveň pak dochází k zesílení hlasu v rezonanci. Hlasitost řeči člověka je důležitý zdroj informací o člověku. Optimálně hlasitý projev je znakem sebejistoty, dominance a cílevědomosti. Tichá řeč je známkou nejistoty, nervozity a sklíčenosti. Naopak nadměrně hlasitý projev je zastrašující, často vyjadřuje vulgárnost. Pro vyjádření všech těchto postojů a emocí je pro člověka důležité, aby byl schopen vytvářet hlas v dostatečném dynamickém rozsahu. Obzvláště to platí pro hlasové profesionály, pro něž je dynamika projevu velmi důležitý prostředek, který nese velkou část obsahu sdělení.

Pro kvalitní kontrolu hlasové dynamiky je tedy důležitá precizní spolupráce a souhra respiračního svalstva a funkčnost orgánů dechové soustavy. V literatuře se velmi často uvádí, že výdech je pasivní děj. Je pravda, že hrudní koš má na konci nádechu dostatečně velkou polohovou energii, která je přeměněna na kinetickou a jako pružina se tak vrací zpět do výdechového postavení. Pro jemnější a koordinovanější výdech je tedy nutná především brzdná práce svalů, která tímto určuje množství vydechaného vzduchu, a tedy ovlivňuje tlak výdechového vzduchového sloupce. Obecně excentrické kontrakce mívají největší nároky na řídicí složku a anatomickou intaktnost svalstva a okolního vaziva.

Prostor v oblasti hrtanu a obecně krčního regionu je důležitý pro vytvoření rezonančních prostor. Při stažení měkkých tkání v oblasti krku, např. stresem či svalovou dysfunkcí se špatným postavením hlavy, dochází ke zvýšení frekvence hlasu a snížení intenzity. Navíc, při stažení měkkých tkání v oblasti hrtanu, tudíž zanechání pouze malého prostoru pro průchod vydechaného vzduchu jsou kladeny větší nároky na výdechovou funkci.

Parametr maximální fonační doba v sobě odráží mnoho komponent hlasové tvorby. Pro jeho dostatečnost je důležitá schopnost kmitání hlasivek, dostatečný rezonanční prostor v hlasovém ústrojí, vhodná volba schopnost udržení výšky a intenzitu fonace, vitální kapacita plic, dechová funkce včetně dechové opory, stav vegetativního nervového systému. Právě tyto složky lze přímo či nepřímo ovlivnit pomocí technik fyzioterapie.

Schopnost kmitání hlasivek lze ovlivnit jejich napětím skrz hrtanové svalstvo. To je sice ovládáno pomocí vegetativního nervového systému, avšak i tento systém lze v rámci fyzioterapie ovlivnit například relaxačními technikami jako je Jacobsonova progresivní relaxace nebo Schultzův autogenní trénink.

Dostatečná velikost rezonančních prostor lze ovlivnit uvolněním měkkých tkání v oblasti krčního regionu i nácvikem deprese mandibulu z pohledu kvality i kvantity.

Dechová funkce, dechová opora i vitální kapacita plic lze ovlivnit metodami respirační fyzioterapie.

Pro nácvik respiračního svalstva by určitě bylo vhodné vyzkoušet některou z dechových pomůcek, jako je například POWERbreathe, který je výrobcí doporučován pro vrcholové i rekreační sportovce, osoby pohybující se ve vyšších nadmořských výškách právě i pro osoby se zvýšenou zátěží dechového aparátu jako jsou herci, zpěváci či hráči na dechové nástroje.

V teoretické části této práce je popsán vliv tří komponent na tvorbu samohlásek. Jsou to otevřenost, poloha jazyka a zapojení rtů do artikulace. Otevřeností se rozumí otevřenost úst, jinými slovy deprese mandibuly. Poloha jazyka je jasně dána podle předozadního rozdělení

samohlásek. Stejně tak rty se nachází ve větším zaokrouhlení či napětí u jednotlivých samohlásek. Všechny tyto komponenty jsou tedy důležité pro kvalitní fonaci všech samohlásek.

Otevřenost může hodně záviset na stavu temporomandibulárního kloubu a jeho funkce. Například nadměrný tonus žvýkacích svalů nebo zduření či otok v oblasti krku může výrazně omezit rozsah pohybu. Poloha jazyka může být kromě poruchy nervové funkce ovlivněna jakýmkoliv patologickým procesem v dutině ústní ve smyslu zánětu nebo přítomností ortodontických pomůcek, které ve výsledku více či méně omezují, mění tvar prostoru pro rezonanci. Navíc jí ovlivňují jinými akustickými vlastnostmi materiálů. Pokud se jedná o zaokrouhlení a napětí rtů, obrovskou roli hraje souhra mimických svalů včetně nervové kontroly a jejich napětí. Obzvláště vysoké nároky na preciznost jsou kladeny na artikulaci hlásky [u], která vyžaduje dokonalé zaokrouhlení rtů.

Jak lze vidět, kvalita samohlásek je velmi složitý multifaktoriální parametr. Pro rehabilitační praxi je proto vždy nutné si jednotlivé samohlásky rozebrat a zajímat se o konkrétní příčinu neúspěchu její kvalitní fonace. U artikulacních problémů souvisejících s organickým či funkčním poškozením lze využít mnoho fyzioterapeutických technik pro odstranění nebo alespoň zmírnění příznaků a pro co nejdokonalější obnovu funkce či nalezení kompenzačních mechanismů.

Z těchto úvah vyplývá, že fyzioterapie by mohla mít důležité postavení v ovlivnění hlasových parametrů. Její propojení především s foniatrií a speciální pedagogikou by mohl znamenat veliký posun v oblasti péče o hlas a hlasové reedukace. Tyto obory mohou cílit nejen na pacienty s hlasovými nedostatky, ale i na hlasové profesionály, studenty hlasových uměleckých oborů i hobby zpěváky. Bohužel v dostupné literatuře a databázích není mnoho poznatků ohledně uplatnění fyzioterapie v péči o hlas. Většinou se týkají ovlivnění vybraných hlasových parametrů pomocí korekce držení těla (Staes, Jansen, Vilette et al., 2011) ale i v kombinaci s manuální terapií a jinými metodami fyzioterapie (Tomlinson, Archer, 2015). Obě tyto studie jsou provedeny ve stylu rozboru jediného nebo jednotlivých pacientů.

## **5.6 Limity studie**

Experimentální měření pro studii v této diplomové práci bylo sestaveno jako běžné vstupní vyšetření do foniatrické ordinace. Tím pádem se jedná o běžné, v praxi využitelné vyšetření, jejíž hlavní předností je dostupnost, jednoduchost a rychlost provedení. Vlastnímu měření k diplomové práci předcházelo pilotní měření, které probíhalo velmi podobně. V pilotním měření byli změřeni studenti zpěvu před a po fyzioterapeutické intervenci zaměřené na hlas a

hlasovou produkcí. Výsledky z takovéhoho experimentu, který by zhodnocoval možnou účinnost fyzioterapie na měřené hlasové parametry, nakonec nebyly v celé míře využity a od původního experimentu bylo upuštěno. Bylo to dáno především nedostatečnou spoluprací probandů v rámci provádění domácí terapie a dostavování se na domluvené lekce. Z pilotního měření tedy byly využity pouze vstupní parametry probandů, kteří se zúčastnili terapií. Vstupní parametry tedy nebyly ovlivněny žádnou intervencí.

Za jeden z nedostatků výzkumu této práce lze označit počet a složení skupiny probandů. Probandů bylo pouze 15 a to z důvodu mého pobytu v rámci projektu Erasmus+, během něhož jsem nemohla provádět měření. Další probandi měli být studenti z Ostravské univerzity, kteří by se v rámci jejich studia zúčastnili měření. Bohužel však toto měření nemohlo proběhnout kvůli zavedeným opatřením v období pandemie virové choroby covid-19. Navíc, výzkumná skupina probandů se z velké části skládala pouze ze studentů zpěvu, kteří ještě nemají tolik hlasových zkušeností jako většina hlasových profesionálů, což by mohlo zapříčinit pouze menší rozdíl naměřených hodnot. Spoustu objektivních parametrů lze ovlivnit hlasovou výchovou a tréninkem, proto zkušenější probandi s dlouholetou praxí by mohli dosahovat mnohem lepších výsledků.

Za další limit studie lze označit nevhodně zvolená metodika měření parametru MPT, kdy probandi fonovali hlásku [a]. Běžně se v literatuře setkáváme se třemi pokusy, ze kterých se zaznamenává pouze ten nejlepší. Probandi tak neměli možnost si takovouto fonaci vyzkoušet a případně zlepšit opakovaným měřením. I když byly podmínky stejné pro obě skupiny, pro výzkumnou skupinu skládající se ze studentů je dlouhodobější fonace přirozená a často ji provádí. Oproti tomu probandi z kontrolní skupiny nejsou zvyklí takto fonovat, nemají s ní zkušenosti a velmi často se mohou stydět a být nervózní z hlasového projevu, obzvláště před cizím člověkem (měřitelem).

Jako další z limitů práce vnímám absenci odborné literatury a studií, které by se týkaly hodnocení parametrů zvolených pro účely této práce. To může být dáno mnoha možnými způsoby měření a hodnocení hlasové funkce, kdy badatelé mohou volit odlišné metody. Obzvláště chybí studie zkoumající kvalitu samohlásek. Tato problematika je v rámci celosvětového měřítka těžko objektivizovatelná. To je dáno faktem, že každý jazyk používá některé jiné samohlásky. Samohlásky, které jsou pro dva různé jazyky stejné zase můžou být vyslovovány odlišně. Proto je nelze mezi sebou hodnotit. Také neexistuje mnoho studií, které by porovnávaly hlasovou kvalitu zpěváků či jiných hlasových profesionálů s běžnou populací. To je určitě z velké míry dáno zaměřením studií na jedince s hlasovými nedostatky a patologiemi.

Poněkud diskutabilní limit studie by mohlo být období, ve kterém bylo prováděno měření. Probíhalo totiž pouze v zimě, kdy je obecně větší nemocnost obzvláště v oblasti horních dýchacích cest. Probandi tak nemuseli vykazovat známky nemoci, avšak patologické procesy v jejich těle probíhat mohli. Například i velmi mírné nachlazení by se mohlo projevit lehkým otokem sliznic, tudíž změnou rezonančního prostoru a zkrácením výsledků.

Pro podobné výzkumy bych doporučila zahrnout do experimentu výrazně větší počet probandů, a to i z jiných věkových skupin pro vytvoření kvalitnějšího vzorku hlasových profesionálů. Také by bylo vhodné změnit metodiku měření parametru MPT, kdy by měření mělo proběhnout třikrát a započítat pouze nejlepší čas. Dále by bylo vhodné zařadit k objektivní akustické analýze i subjektivní hodnocení hlasu, například pomocí standardizovaného Voice Handicap Index (VHI). Při možnosti provedení rozsáhlejší studie by mohlo být zajímavé hodnotit změny hlasových parametrů po terapii posturálních odchylek, po dlouhodobém balančním tréninku či s různým posturálním zajištěním. Výsledky z takovýchto studií by mohli pomoci poskytnout další informace pro propletení praxe logopedie a fyzioterapie.

## Závěr

Tato diplomová práce nabízí náhled do problematiky objektivního hodnocení hlasové funkce a tvorby hlasu se vztahem k běžné populaci i zpěvákům. Cílem práce bylo zjištění rozdílu vybraných objektivních parametrů hlasu u studentů zpěvu a studentů jiných uměleckých odvětví.

Ve výzkumu této práce nebyly odhaleny žádné signifikantní rozdíly v hodnotách vybraných hlasových parametrů, kterými byly: parametrech Speaking Profile (dynamický rozsah), Maximal Phonation Time (maximální fonační doba), kvalita jednotlivých českých samohlásek a Dysphonia Severity Index. To mohlo být zapříčiněno nízkým počtem probandů, kvůli čemuž vzorek nemusel být reprezentativní.

Pokud však výsledky budeme považovat za reprezentativní, kvalita hlasu u studentů zpěvu se nijak významně neliší od ostatních studentů uměleckých oborů a často jsou hodnoty parametrů i podprůměrné či neuspokojivé. Jednotliví studenti s neoptimální hlasovou kvalitou by pak měli zvážit, zda je pro ně vhodné pokračovat pěvecké dráze nebo zda je prostor pro zlepšení v důsledném dodržování hlasové hygieny.

Pro rehabilitační praxi je důležité zamyšlení se nad možností ovlivnění jednotlivých parametrů metodami fyzioterapie. Jedná se především o korekci držení těla a aktivaci hlubokého stabilizačního systému, optimalizace posturálně-respirační funkce bránice, ošetření měkkých tkání a vazivově kloubních spojení v oblasti krku a mimických svalů.

V dalších pracích by mohlo být zajímavé zkoumat větší vzorek studentů zpěvu a zhodnotit, zda se v jejich řadách opravdu nachází velké procento osob s poruchou hlasu. Stejně tak porovnání parametrů u studentů prvních a závěrečných ročníků by pomohlo zhodnotit vliv studia na hlasové parametry. V neposlední řadě by pro rehabilitační praxi bylo zajímavé zhodnotit vliv fyzioterapeutické intervence na hlasové parametry. U takovéto studie bych po zkušenostech z pilotní studie doporučovala zvolit delší časový úsek intervence a důsledně kontrolovat (například vedením deníku) provádění domácí terapie.

## Referenční seznam

- AIRAS, M., ALKU, P. 2007. Comparison of multiple voice source parameters in different phonation types. In: INTERSPEECH 2007. Proceedings of the Annual Conference of the International Speech Communication Association. [online]. Antwerp: INTERSPEECH, 27.-31. 9. [cit. 2. 4. 2020] Dostupné z: [https://www.isca-speech.org/archive/archive\\_papers/interspeech\\_2007/i07\\_1410.pdf](https://www.isca-speech.org/archive/archive_papers/interspeech_2007/i07_1410.pdf).
- ALVEAR, R. M. B. de, BARÓN-LÓPEZ, F. J., ALGUACIL, M. D., DAWID-MILNER, M. S. 2012. Interactions between voice fundamental frequency and cardiovascular parameters. Preliminary results and physiological mechanisms. *Logopedics phoniatics vocology*. 38(2), s. 52-58. ISSN 14015439. DOI 10.3109/14015439.2012.696140.
- ANAND, S., SKOWRONSI, M. D., SHRIVASTAV, R., EDDINS, D. A. 2019. Perceptual and quantitative assessment of dysphonia across vowel categories. *Journal of Voice*, 33(4), s. 473-481. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2017.12.018.
- ANGADI, V., CROAKE, D., STEMPLER, J. 2019. Effects of Vocal Function Exercises: A Systematic Review. *Journal of Voice*. 33(1), 124.e13-124.e34. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2017.08.031.
- ASHBY, M., MAIDMENT, J. 2015. *Úvod do obecné fonetiky*. Praha: Karolinum. ISBN 9788024623221.
- AWAN, S. N. 1993. Superimposition of speaking voice characteristics and phonetograms in untrained and trained vocal groups. *Journal of Voice*, 7(1), s. 30-37. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/S0892-1997(05)80109-2.
- BAUMANN, O., BELIN, P. 2010. Perceptual scaling of voice identity: Common dimensions for different vowels and speakers. *Psychological Research*, 74(1), s. 110-120. ISSN 0340-0727. DOI 10.1007/s00426-008-0185-z.
- BERG, M. et al. 2017. The Speaking Voice in the General Population: Normative Data and Associations to Sociodemographic and Lifestyle Factors. *Journal of Voice*, 31(2):257, 13-257. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2016.06.001
- BLANDON, R. A., LIDNBLOM, B. 1981. Modeling the judgment of vowel quality differences. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1981, 69(5), s. 1414-1422. ISSN 00014966. DOI 10.1121/1.385824.
- BLANKENSHIP, B. The time course of breathiness and laryngealization in vowels. Los Angeles, 1997. Disertační práce. University of California.

- BOEDTS, D., ROELS, H., KLUYSHENS, P. 1967. Laryngeal tissue responses to teflon. *Archives of Otolaryngology*, 86(5), s. 562-567. ISSN 1538361X. DOI 10.1001/archotol.1967.00760050564015.
- BROCKMANN-BAUSER, M., BALANDAT, B., BOHLENDER, J. E. 2019. Immediate lip trill effects on the voice standard diagnostic measures voice range profile, jitter, maximum phonation time, and dysphonia severity index [online]. *Journal of Voice* [cit. 2020-07-22]. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2019.04.011.
- CAMPBELL, N., MOKHTARI, P. 2004. Voice quality: the 4th prosodic dimension.
- CARLSON, R., FANT, G., GRANSTÖRM, B. 1974. Two-formant models, pitch, and vowel perception. *Acustica*, 31(6), s. 360-362. ISSN 00017884.
- CARRÉRA, C. M. D., ARAÚJO, A. N. B. DE, LUCENA, J. A. 2016. Correlation between slow vital capacity and the maximum phonation time in elderly. *Revista CEFAC*, 18(6), s. 1389-1394. ISSN 1982-0216. DOI 10.1590/1982-021620161860616.
- CIELO, C. A., RIBEIRO, V. V., HOFFMANN, C. F. 2015. Signs and symptoms of autonomic dysfunction in teachers and their relation to voice complaints and occupational variables. *Distúrbios de Comunicação*. 27, s. 495-504. ISSN 2176-2724. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/284188080\\_Signs\\_and\\_symptoms\\_of\\_autonomic\\_dysfunction\\_in\\_teachers\\_and\\_their\\_relation\\_to\\_voice\\_complaints\\_and\\_occupational\\_variables](https://www.researchgate.net/publication/284188080_Signs_and_symptoms_of_autonomic_dysfunction_in_teachers_and_their_relation_to_voice_complaints_and_occupational_variables)
- ČEŠKOVÁ, O. 2003. *Pěvecká výchova*. 2. vyd. Praha: Akademie múzických umění, Divadelní fakulta, Katedra alternativního a loutkového divadla. ISBN 80-7331-923-3.
- D'ALATRI, L., MARCHESE, M. R. 2014. The speech range profile (SRP): an easy and useful tool to assess vocal limits. *Acta Otorhinolaryngologica Italica*, 34(4), s. 253-258. ISSN 0392-100x. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4157536/>
- DEJONCKERE, P. H., BRADLEY, P., CLEMENTE, P., CORNUT, G., CREVIER-BUCHMAN, L., FRIEDRICH, G., VAN DE HEYNING, P., REMACLE, M., WOISARD, V. 2001. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques: Guideline elaborated by the Committee on Phoniatrics of the European Laryngological Society (ELS). *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 258(2), s. 77-82. ISSN 0937-4477. DOI 10.1007/s004050000299.
- DRŠATA, J., CHROBOK, V. 2011. *Foniatrie – hlas*. Havlíčkův Brno: Tobiáš. ISBN 978-80-7311-116-8.
- DUBĚDA, T. 2008. *Jazyky a jejich zvuky. Univerzálie a typologie ve fonetice a fonologii*. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-1073-6.



- ECKEL, F. C., BOONE, D. R. 1981. The S/Z ratio as an indicator of laryngeal pathology. *Journal of Speech*, 46(2), s. 147-149. ISSN 00224677. DOI 10.1044/jshd.4602.147.
- FANT, G. 1970. *Acoustic Theory of Speech Production*. 2. vyd. Nizozemsko: The Hauge. ISBN 9027916004.
- FERRER, C. A., et al. 2017. Collinearity and Sample Coverage Issues in the Objective Measurement of Vocal Quality: The Case of Roughness and Breathiness. *Journal Of Speech, Language, And Hearing Research: JSLHR*, 61(1), 1-24. ISSN 1558-9102. DOI: 10.1044/2017\_JSLHR-S-17-0136.
- FRANCA, F. P., ALMEIDA, A. A., LOPES, L. W. 2019. Acoustic-articulatory configuration of women with vocal nodules and with healthy voice. *CODAS*, 31(6), S. 1-9. ISSN 23171782. DOI 10.1590/2175-35392019018296.
- FRÍČ, M., OTČENÁŠEK, Z., SYROVÝ, V. 2010. Akustika hlasu. In: Sborník abstraktů a příspěvků 2. symposia Umělecký hlas. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/236982907\\_Akustika\\_hlasu](https://www.researchgate.net/publication/236982907_Akustika_hlasu)
- FROHLICH, M., MICHAELIS, D., STRUBE, H. W., KRUSE, E. 2000. Acoustic voice analysis by means of the hoarseness diagram. *Journal of Speech, Language & Hearing*. 43 (3), s. 706-720. ISSN 1092-4388. DOI 10.1044/jslhr.4303.706.
- FROSTOVÁ, J. 2010. *Škola a zdraví 21. století, 2010: péče o hlasovou kondici učitelů*. Brno: Masarykova univerzita ve spolupráci s MSD. ISBN 978-80-210-5355-7.
- GEIST, Bohumil. 2005. *Akustika – jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi*. Praha: MUZIKUS. 281 s. ISBN 80-86253-31-7.
- GORDON, M., LADEFOGED, P. 2001. Phonation types: a cross-linguistic overview. *Journal of Phonetics*. 29(4), s. 383-406. ISSN 0095-4470. DOI 10.1006/jpho.2001.0147.
- GRAMMING, P. 1991. Vocal loudness and frequency capabilities of the voice. *Journal of Voice*, 5(2), s. 144-157. ISSN 08921997. DOI 10.1016/S0892-1997(05)80178-X.
- HAKKESTEEGT, M. M., BROCAAR, M. P., WIERINGA, M. H., FEENSTRA, L. 2006. Influence of age and gender on the dysphonia severity index: A study of normative values. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 58(4), s. 264-273. ISSN 10217762. DOI 10.1159/000093183.
- HALLIN, A. E., FRÖST, K., HOLMBERG, E. B., SÖDERSTEN, M. 2012. Voice and speech range profiles and voice handicap index for males – methodological issues and data. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 37(2), s. 47-61. ISSN 14015439. DOI 10.3109/14015439.2011.607469.

- HARRIES, M. L. 1996. Unilateral vocal fold paralysis: a review of the current methods of surgical rehabilitation. *The Journal of Laryngology and Otology*, 110(2), s. 111-116. ISSN 0022-2151. DOI 10.1017/s0022215100132918.
- HECKER, M. H. 1971. Speaker recognition. An interpretive survey of the literature. *ASHA monographs*, 16, s. 1-103. ISSN 0066071X.
- HELOU, L. B., WANG, W., ASHMORE, R., ROSEN, C. A., ABBOT, K. V. 2013. Intrinsic laryngeal muscle activity in response to autonomic nervous system activation. *The Laryngoscope*. 123(11), s. 2756-2765. ISSN 0023-852X. DOI 10.1002/lary.24109.
- HILLENBRAND, J., CLEVELAND, R. A., ERICSON, R. L. 1994. Acoustic correlates of breathy vocal quality. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37(4), s. 769-778. ISSN 00224685.
- HIRANO, M. 1989. Objective evaluation of the human voice – clinical aspects. *Folia Phoniatica*, 41(2-3), s. 89-144. ISSN 00155705.
- HITANO, M., KOIKE, Y., VON LEDEN, H. 1968. Maximum phonation time and air usage during phonation. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 20(4), s. 185-201. ISSN 1021-7762.
- HUDÁK, R., KACHLÍK, D. et al. 2013. *Memorix anatomie*. Praha: TRITON. ISBN 978-80-7387-674-6.
- HUNTER, E. J., ŠVEC, J. G., TITZE, I. R. 2006. Comparison of the produced and perceived voice range profiles in untrained and trained classical singers. *Journal of Voice*, 20(4), s. 513-526. ISSN 08921997. DOI 10.1016/j.jvoice.2005.08.009.
- IKEDA, Y., et al. 1999. Quantitative evaluation of the voice range profile in patients with voice disorder. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 256, 51-55. ISSN 0937-4477. DOI 10.1007/PL00014154.
- JACOBSON, B. H., et al. 1997. The voice handicap index (VHI): development and validation. *American Journal Speech-Language Pathology*, 6(3), 66–70. ISSN 1058-0360. DOI: 10.1044/1058-0360.0603.66.
- JAMROZOVÁ, I. 2016. *Laboratorní úloha – hlasová analýza*. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. Technická univerzita Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky. Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Eva MRÁZKOVÁ.
- JAYAKUMAR, T., SAVITHIRI, S. R. 2012. Effect of geographical and ethnic variation on dysphonia severity index: A study of indian population. *Journal of Voice*, 26(1), e11-e16. ISSN 0892-1997.
- KARLSEN, T., SANDVIK, L., HEIMDAL, J. H., AARSTAD, H.J. 2020. Acoustic voice analysis and maximum phonation time in relation to voice handicap index score and larynx

- disiase. *Journal of Voice*, 34(1), s. 161.e27-161.e35. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2018.07.002.
- KIML, J. 1989. *Co máme vědět o hlasu: zpěvní hlas – poruchy – prevence*. Praha: Supraphon. ISBN 80-7058-053-4.
- KRČMOVÁ, M. 2008. *Fonetika a fonologie* [online]. 2. vyd. Brno: Masarykova univerzita. Elportál. ISSN 1802-128X. Dostupné z: [https://is.muni.cz/elportal/estud/ff/ps09/fonetika/tisk\\_2009/Fonetika\\_a\\_fonologie\\_logo.pdf](https://is.muni.cz/elportal/estud/ff/ps09/fonetika/tisk_2009/Fonetika_a_fonologie_logo.pdf)
- KUČERA, M., FRIČ, M., HALÍŘ, M. 2010. *Praktický kurz hlasové rehabilitace a reedukace*. Opočno: M. Kučera. ISBN 978-80-254-6592-9.
- KUČOVÁ, H., TOMÁNKOVÁ, M., KOMÍNEK, P., WALDEROVÁ, R., ZELENÍK, K. 2015. Augmentace hlasivek autologním tukem. *Otirlinolarngologie a Fonietrie*, 64(2), s. 79-86. ISSN 1210-7867.
- KUWABARA, H., OHGUSHI, K. 1984. Experiments on voice qualities of vowels in males and females and correlation with acoustic features. *Language & Speech*, 27(2), s. 135-145. ISSN 0023-8309. DOI 10.1177/002383098402700203.
- LACINA, O. 1986. *Fyziologie a hygiena hlasu pro III. ročník konzervatoří (zpěv)*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- LEINO, T., LAUKKANEN, A. M., ILOMÄKI, I., MÄKI, E. 2008. Assessment of vocal capacity of Finnish university students. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 60(4), s. 199-209. ISSN 1021-7762. DOI 10.1159/000133651.
- LEJSKA, M. 2003. *Poruchy verbální komunikace a foniatrie*. Brno: Paido. ISBN 80-7315-038-7.
- LIMA, D. C. B. DE, PALMEIRA, A. C., COSTA, E. CH., MESQUITA, F. O. DE S., ANDRADE, F. M. D. DE., CORREILA JÚNIOR, M. A. DE V. 2014. Correlation between slow vital capacity and the maximum phonation time in healthy adults. *Revista CEFAC*, 16(2), s. 592-597. ISSN 1982-0216. DOI 10.1590/1982-021620146912.
- LIU, B., POLCE, E., JIANG, J. 2018. An Objective Parameter to Classify Voice Signals Based on Variation in Energy Distribution. *Journal of Voice* [online]. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2018.02.011.
- LIVELY, M. A., EMANUEL, F. W. 1970. Spectral noise levels and roughness severity ratings for normal and simulated rough vowels produced by adult females. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 13(3), s. 503-517. ISSN 10924388.

- LYCKE, H. and SIUPSINSKIENE, N. 2016. Voice Range Profiles of Singing Students: The Effects of Training Duration and Institution. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 68(2), 53-59. ISSN 1021-7762. DOI 10.1159/000448136.
- MARYN, Y., CORTHALS, P., VAN CAUWENBERGE, P., ROY, N. DE BODT, M. 2010. Toward improved ecological validity in the acoustic measurement of overall voice quality: combining continuous speech and sustained vowels. *Journal of Voice*, 24(5), s. 540-555. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2008.12.014.
- MIŠUN, V. 2005. *Vibrace a hluk*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 80-214-3060-5.
- NIEDZIELSKA, G., GLIJER, E., NIEDZIELSKI, A. 2001. Acoustic analysis of voice in children with noduli vocales. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 60(2), s. 119-122. ISSN 0165-5876. DOI 10.1016/S0165-5876(01)00506-7.
- OHDE, R. N., GERMAN, S. R. 2011. Formant onsets and formant transitions as developmental cues to vowel perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 130(3), s. 1628-1642. ISSN 00014966. DOI 10.1121/1.3596461.
- ORLIKOFF, R. F., BAKEN, R. J. 1989. The effect of the heartbeat on vocal fundamental frequency perturbation. *Journal of Speech, Language & Hearing*. 32(3), s. 576-582. ISSN 1092-4388. DOI 10.1044/jshr.3203.576.
- PARK, Y., STEPP, C. E. 2019. The effects of stress type, vowel identity, baseline  $f_0$ , and loudness on the relative fundamental frequency of individuals with healthy voices. *Journal of Voice*, 33(5), S. 603-610. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2018.04.004.
- PHYSCLIPS. A multi level, multi-media resource. Physics in Speech [online]. [cit. 1. 3. 2020]. Dostupné z: <https://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/speech.html>
- RYALLS, J. H. a LIEBERMAN, P. 1981. Fundamental frequency and vowel perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 70(S1), s. S96-S96. ISSN 00014966. DOI 10.1121/1.2019141.
- SANCHEZ, K., OATES, J., DACAKIS, G., HOLMBERG, E. B. 2014. Speech and voice range profiles of adult with untrained normal voices: Methodological implications. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 39(2), s. 62-71. ISSN 1401-5439. DOI 10.3109/14015439.2013.777109.
- SANSONE, F. E., EMANUEL, F. W. 1970. Spectral noise levels and roughness severity ratings for normal simulated rough vowels produced by adult males. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 13(3), s. 489-502. ISSN 10924388.

- SHAHEEN, N. A. 1993. Superimposition of speaking voice characteristic and phonetograms in untrained and trained vocal groups. *Journal of Voice*, 7(1), s. 30-37. ISSN 08921997. DOI 10.1016/S0892-1997(05)80109-2.
- SCHNEIDER, B., BIGENZAHN, W. 2003. Influence of glottal closure configuration on vocal efficacy in young normal-speaking women. *Journal of Voice*, 17(4), s. 468-480. ISSN 0892-1997. DOI 10.1067/S0892-1997(03)00065-1.
- SLIIDEN, T., MACDONALD, I., BECK, S. 2017. An evaluation of the breathing strategies and maximum phonation time in musical theater performers during controlled performance tasks. *Journal of Voice*, 31(2), s. 253.e1-253.e11. ISSN 18734588. DOI 10.1016/j.jvoice.2016.06.025.
- SMIDT, P., KLINGHOLZ, F., MARTIN, F. 1988. Influence of pitch, voice sound pressure, and vowel quality on the maximum phonation time. *Journal of Voice*, 2(3), s. 245-249. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/S0892-1997(88)80082-1.
- SOBOL, M., SIELSKA-BADUREK, E. M. 2020. The dysphonia severity index (DSI) – normative values. Systematic review and meta-analysis. *Journal of Voice*. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2020.04.010.
- SOLOMON, P. N., GARLITZ, S. J., MILBRATH, R. L. 2000. Respiratorz and laryngeal contributions to maximum phonation duration. *Journal of Voice*, 14(3), s. 331-340. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/S0892-1997(00)80079-X.
- SPRECHER, A., OLSZEWSKI, A., JIANG, J. J. 2010. Updating signal typing in voice: addition of type 4 signals. *Journal of the Acoustical Society of America*. 127(6), 3710–3716. ISSN 00014966. DOI 10.1121/1.3397477.
- STAES, F. F., JANSEN, L., VILETTE, A., COVELIERS, Y., DANIELS, K., DECOSTER, W. 2011. Physical therapy as a means to optimalize posture and voice parameters in student classical singers: A case report. *Journal of Voice*, 25(3), e91-e101. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2009.10.012.
- SULTER, A. M., SCHUTTE, H. K., MILLER, D. G. 1995. differences in phonetogram features between male and female subjects with and without vocal training. *Journal of Voice*, 9(4), s. 363-377. ISSN 08921997. DOI 10.1016/S0892-1997(05)80198-5.
- SULTER, A. M., SCHUTTE, H. K., MILLER, D. G. 1995. Differences in phonetogram features between male and female subjects with and without vocal training. *Journal of Voice*, 9(4), s. 363-377. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/S0892-1997(05)80198-5.
- SYROVÝ, V. 2003. *Hudební akustika*. Praha: Akademie múzických umění. 427 s. ISBN 80-7331-901-2.

- ŠLAPÁK, I. and FLORIÁNOVÁ, P. 1995. *Kapitoly z otorhinolaryngologie a foniatricie*. Brno: Paido. ISBN 80-85931-67-2.
- ŠVEC, G. a GRANQVIST, S. 2010. Guidelines for selecting microphones for human voice production research. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 19(4), s. 356-368. ISSN 1058-0360. DOI 10.1044/1058-0360(2010/09-0091).
- TITZE, I. R. 1995. Workshop on acoustic voice analysis: summary statement. *National Center for Voice and Speech*. Denver. s. 26–27. Dostupné z: <http://www.ncvs.org/freebooks/summary-statement.pdf>
- TITZE, I. R. 2008. Nonlinear source-filter coupling in phonation: Theory. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5), S. 2733-2749. ISSN 00014966. DOI 10.1121/1.2832337.
- TOMLINSON, C. A., ARCHER, K. R. 2015. Manual therapy and exercise to improve outcomes in patients with muscle tension dysphonia: A case series. *Physical Therapy*, 95(1), s. 117-128. ISSN 15386724. DOI 10.2522/ptj.20130547.
- TUOMI, L., BJÖRKNER, E., FINIZIA, C. 2014. Voice outcome in patients treated for laryngeal cancer: Efficacy of the voice rehabilitation. *Journal of Voice*, 28(1), s. 62-68. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2013.02.008.
- VÉLE, F. 2006. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Praha: Triton. ISBN: 80-7254-837-9.
- VYDROVÁ, J., CHROBOK, V. 2017. *Hlasová terapie*. Havlíčkův Brod: Tobiáš. 232 s. *Medicína hlavy a krku pro nelékaře*. ISBN 978-80-7311-169-4.
- VYSKOTOVÁ, J. 2013. *Úvod do obecné a vývojové kineziologie*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-420-7.
- WEVOSYS: Speech and Voice Assessment Tools*, 2014 [online]. Forchheim Germany. [Cit. 9. 2. 2019]. Dostupné z: [http://www.wevosys.com/products/lingwaves/lingwaves\\_voice\\_protocol.html](http://www.wevosys.com/products/lingwaves/lingwaves_voice_protocol.html)
- WOLFE, JOE. Music acoustic. Formant: what is a formant? [online]. UNSW. [cit. 1. 3. 2020]. Dostupné z: <https://newt.phys.unsw.edu.au/jw/formant.html>
- WYUTS, F. L., DE BODT, M. S., MOLENBERGHS, G., REMACLE, M., HEYLEN, L., MILLET, B., VAN LIERDE, K., RAES, J., VAN DE HEYNING, P. H. 2000. The dysphonia severity index: An objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach. *Journal of Speech, Language & Hearing Research*, 43(3), s. 796-809. ISSN 1092-4388. DOI 10.1044/jslhr.4303.796.

ZHUGE, P., YOU, H., WANG, H., YHANG, Y., DU, H. 2016. An analysis of the effect of voice therapy on patients with early vocal fold polyps. *Journal of Voice*, 30(6), s. 698-704. ISSN 0892-1997. DOI 10.1016/j.jvoice.2015.08.013.

## Seznam zkratek

API	amplitudové odchylky
ATRI	index intenzity amplitudového tremoru
DFT	diskrétní Fourierova transformace
ER	Energy Ratio
GF	Gain Factor
GNE	glottal-to-nose excitation ratio
MDVP	multidimenzionální analýza
MPT	Maximal Phonation Time
NHR	poměr šumu k harmonickým tónům
NSH	počet subharmonických úseků
SE	Spectral Emphasis
SPI	index měkké fonace
SPL	Speaking Pressure Level
SRP	Speech Range Profile
VRP	Voice Range Profile
VTI	index turbulence hlasu



## Seznam obrázků a tabulek

<b>Obrázek 1</b> Model zdrojového filtru hlasu (Mišun, 2005, s.42) .....	15
<b>Obrázek 2</b> Počet probandů z celého souboru v jednotlivých kategoriích Speaking profile....	33
<b>Obrázek 3</b> Počet probandů výzkumné skupiny v jednotlivých kategoriích parametru Speaking Profile .....	34
<b>Obrázek 4</b> Počet probandů kontrolní skupiny v jednotlivých kategoriích parametru Speaking Profile .....	34
<b>Obrázek 5</b> Počet probandů výzkumného souboru v jednotlivých kategoriích parametru Dysphonia Severity Index .....	38
<b>Obrázek 6</b> Počet probandů výzkumné skupiny v jednotlivých kategoriích parametru Dysphonia Severity Index .....	38
<b>Obrázek 7</b> Počet probandů kontrolní skupiny v jednotlivých kategoriích parametru Dysphonia Severity Index .....	39
<b>Tabulka 1</b> Normativní hodnoty formantů F1 a F2 českých samohlásek (Palková, 1994, s. 173).....	18
<b>Tabulka 3</b> Střední hodnoty (se směrodatnými odchylkami v závorce) pro části i celý VHI dotazník (Jacobson, 1997) .....	26
<b>Tabulka 4</b> Popisné statistiky Speaking Profile .....	33
<b>Tabulka 5</b> Hodnoty mediánů dynamického rozsahu, rozdělení podle skupin.....	35
<b>Tabulka 6</b> Kvalita křiku ve skupinách.....	35
<b>Tabulka 7</b> Popisné statistiky parametru Maximal Phonation Time .....	36
<b>Tabulka 8</b> Hodnoty mediánů parametru Maximal Phonation Time, rozdělení podle skupin .	36
<b>Tabulka 9</b> Popisné statistiky analýzy poškozených samohlásek.....	37
<b>Tabulka 10</b> Četnost výskytu poškození jednotlivých samohlásek, rozdělení podle skupin....	37

## **Seznam příloh**

<b>Příloha 1</b> Informovaný souhlas .....	67
<b>Příloha 2</b> Tabulka naměřených hodnot jednotlivých parametrů .....	69

# Přílohy

## Příloha 1 Informovaný souhlas

### Informovaný souhlas

Pro výzkumný projekt: Hlasová analýza – objektivizace hlasové funkce

Období realizace: leden 2019-červenec 2020

Řešitelé projektu: Tereza Vernerová

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je na základě porovnání parametrů akustické analýzy zjistit rozdíly mezi skupinou probandů věnujících se zpěvu profesionálně a těch, kteří se zpěvu nevěnují. Jedná se o akustickou analýzu, která je neinvazivní. Měření probíhá v uzavřené místnosti, ve které je přístroj připomínající mikrofon připojený k počítači. Během měření budete vyzván/a provádět hlasové úkoly jako jsou: počítání od 20 do 40 běžným hlasem, tichým hlasem, silným hlasem, zakřičení věty: „Hej, co tam děláš?“, co nejdelší fonování hlásky [a], přibližně pětisekundové fonování jednotlivých hlásek. Celé měření trvá přibližně 15 min. Z účasti na výzkumu pro Vás nevyplývají žádná zdravotní či jiná rizika. Kdykoliv v průběhu měření můžete vyjádřit nesouhlas s průběhem a měření bude ihned ukončeno. Pokud s účastí na výzkumu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

#### **Prohlášení účastníka výzkumu**

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na výzkumu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou anonymně zpracovány, použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Osobní údaje (sociodemografická data) účastníka výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracovávána v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze

dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (dále jen „nařízení“).

Prohlašuji, že beru na vědomí informace obsažené v tomto informovaném souhlasu a souhlasím se zpracováním osobních a citlivých údajů účastníka výzkumu v rozsahu a způsobem a za účelem specifikovaným v tomto informovaném souhlasu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží účastník výzkumu (nebo zákonný zástupce) a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis účastníka výzkumu (zákonného zástupce): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

V \_\_\_\_\_ dne: \_\_\_\_\_

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Příloha 2 Tabulka naměřených hodnot jednotlivých parametrů

proband	pohlaví	věk	sk.	SP	SPS kategorie	křik	MPT	DSI	DSI kategorie	A	E	I	O	U	dohromady
1	ž	18	1	37	průměr	norma	14.9	2.9	lehká až střední	1	1	1	1	1	0
2	ž	20	1	70	nadprůměr	norma	14.41	3.8	lehká	1	0	1	1	1	1
3	ž	21	1	33	průměr	norma	10.91	3.2	lehká až střední	1	1	1	1	0	1
4	m	26	1	76	dostatečný	norma	18.61	0.6	středně těžká	1	1	1	1	1	0
5	ž	20	1	34	průměr	norma	23.95	5.1	žádná	1	1	1	1	1	0
6	m	20	1	65	nadprůměr	norma	15.86	4.9	žádná	1	1	0	1	1	1
7	ž	26	1	35	mírně nedostatečný	norma	13.06	0.4	středně těžká	1	1	1	1	1	0
8	ž	26	1	50	dostatečný	norma	22.3	4.7	žádná	1	1	1	1	1	0
9	ž	26	1	56	dostatečný	norma	14.56	3.2	lehká až střední	0	1	1	1	1	1
10	ž	23	2	50	dostatečný	slabší	15.5	0.6	středně těžká	1	1	1	1	0	1
11	ž	25	2	96	dostatečný	norma	12.6	1.9	středně těžká	1	1	1	0	1	1
12	m	27	2	42	nedostatečný	norma	14.7	3.6	lehká	0	0	0	0	1	4
13	m	24	2	27	nedostatečný	slabý	19.5	3.1	lehká až střední	0	1	1	0	0	3
14	ž	22	2	35	nedostatečný	norma	10.6	1.7	středně těžká	0	1	1	1	1	1
15	ž	22	2	76	dostatečný	norma	20.7	4.5	žádná	1	1	1	1	1	0