

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

**Vliv aktivace hlubokého stabilizačního systému  
na frekvenční a amplitudové charakteristiky  
hlasového projevu**

Diplomová práce  
(magisterská)

Autor: Bc. Hana Kadeřávková, fyzioterapie  
Vedoucí práce: doc. MUDr. Michal Mayer, CSc.  
Olomouc 2011

Jméno a příjmení autora: Bc. Hana Kadeřávková

Název diplomové práce: Vliv aktivace hlubokého stabilizačního systému na frekvenční a amplitudové charakteristiky hlasového projevu

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Vedoucí diplomové práce: doc. MUDr. Michal Mayer, CSc.

Rok obhajoby diplomové práce: 2011

Abstrakt:

Práce se zabývá otázkou, zda má aktivace hlubokého stabilizačního systému (HSS) vliv na jednotlivé harmonické složky tónu a jejich intenzitu, dále na intenzitu zpívaného tónu a délku jeho trvání a na stálost frekvence a amplitudy během hlasového projevu.

Výzkumu se zúčastnilo 31 probandů (16 ve výzkumné skupině, 15 v kontrolní), jejichž hlasový projev byl při dvou pěveckých úkolech zaznamenán a dále analyzován.

Ze statistického vyhodnocení vyplývá, že týdenní aktivací hlubokého stabilizačního systému došlo k signifikantní změně výšky 7. a 9. harmonické frekvence, intenzity 1. a 6. až 10. harmonické frekvence a maximální intenzity zpívaného tónu na hladině významnosti  $p < 0,05$  a délky zpívaného tónu na hladině významnosti  $p < 0,1$ .

Klíčová slova: hlas, fonace, základní a harmonické frekvence, intenzita, hluboký stabilizační systém

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Bc. Hana Kadeřávková

Title of the master thesis: The influence of activating deep stabilizing muscles on the frequency and amplitude characteristics of voice production

Department: Department of physiotherapy

Supervisor: doc. MUDr. Michal Mayer, CSc.

The year of presentation: 2011

Abstract:

The aim of the work was to find out if activation of deep stabilizing muscles can influence the harmonic elements of the tone and their intensity, as well as the intensity of a singing tone and its duration, constancy of frequency and amplitude in the course of voice production.

Altogether 31 probands (16 in the study and 15 in a control group) participated in the research. Their voice production was recorded during two singing tasks and then analysed.

The statistical evaluation shows that a one – week activation of the deep stabilizing muscles resulted in a significant change in the height of the seventh and ninth harmonic frequency, the intensity of the first and sixth to tenth harmonic frequencies and the maximum intensity of the singing tone at significance level of  $p < 0,05$  and the length of singing tone at significance level of  $p < 0,1$ .

Keywords: voice, phonation, fundamental frequency, harmonic frequencies, intensity, deep stabilizing muscles

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením doc. MUDr. Michala Mayera, CSc., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 28. 4. 2011

Děkuji Doc. MUDr. Michalu Mayerovi, CSc. za rady a připomínky při psaní diplomové práce, dále Tomáši Votrubovi a Ing. Zdeňce Špunarové za pomoc se zpracováním výsledků a v neposlední řadě děkuji svému příteli MUDr. Tomáši Mňukovi za trpělivost, kterou se mnou při psaní této práce měl.

# OBSAH:

1	ÚVOD.....	7
2	PŘEHLED POZNATKŮ.....	9
2.1	Zvuk.....	9
2.1.1	Fyzikální vlastnosti hudebních zvuků obecně.....	9
2.1.2	Tvorba hlasu (fonace).....	12
2.2	Anatomie.....	14
2.2.1	Dýchací systém.....	14
2.2.1.1	Hrtan (larynx).....	14
2.2.1.1.1	Spojení chrupavek hrtanu.....	15
2.2.1.1.2	Svaly hrtanu.....	18
2.2.1.1.3	Hlasivky a hlasivková štěrbin.....	22
2.2.1.2	Dolní cesty dýchací (kromě hrtanu).....	24
2.2.1.3	Mechanismus dýchání.....	25
2.2.2	Muskuloskeletální systém.....	28
2.2.2.1	Dýchací svaly.....	28
2.2.2.2	Hluboký stabilizační systém.....	29
2.2.2.2.1	Funkce HSS.....	30
2.2.2.2.2	Timing svalů HSS při stabilizaci páteře.....	30
2.2.2.2.3	HSS a dýchání.....	31
2.3	Hlasový projev, zpěv.....	33
2.3.1	Fyzikální vlastnosti zpívaných tónů.....	33
2.3.2	Vliv zpěvu a hudby na lidský organismus.....	35
2.3.3	Metody vyšetření hlasu.....	36
3	CÍL PRÁCE, VÝZKUMNÉ OTÁZKY, HYPOTÉZY.....	39
4	METODIKA.....	40
5	VÝSLEDKY.....	45
6	DISKUZE.....	56
7	ZÁVĚRY.....	60
8	SOUHRN.....	61
9	REFERENČNÍ SEZNAM.....	63
10	PŘÍLOHY.....	70

# 1 ÚVOD

Hluboký stabilizační systém je v posledních dvaceti letech ve fyzioterapeutických kruzích relativně diskutovaným tématem, někdy bývá označován dokonce jako módní trend. Má své zastánce, jakými je např. dvojice autorů P. W. Hodges a S. C. Gandevia (1997a, 1997b, 2000), ale i odpůrce, jakým je např. E. Lederman a jeho kritický článek *The myth of core stability* (2010).

Vzhledem k tomu, jaké svaly se pod pojem hluboký stabilizační systém řadí (obecně bránice, hluboké břišní a zádové svaly a svaly pánevního dna), můžeme usuzovat na to, že souhra těchto svalů bude mít vliv nejen na držení těla (posturální funkce), ale i na dýchání (respirační funkce).

Na způsobu dýchání závisí mimo jiné fonace, takže lze předpokládat, že svaly HSS, resp. jejich cílená, vědomá aktivace, bude mít vliv i na hlasový projev. Ovlivní tato cílená svalová aktivace především délku hlasového projevu a jeho intenzitu nebo lze očekávat i změny na úrovni individuálního zbarvení hlasu?

Hlavním předpokladem pro změnu hlasového projevu bude zefektivnění dechové práce v důsledku zapojení hlubokých břišních svalů v koaktivaci se svaly pánevního dna. Bránice tak získá potřebné *punctum fixum*, aby mohla rozvíjet hrudní dutinu ve všech třech směrech a do plic se tak dostalo více vzduchu. Pro tvorbu hlasu je pak důležitý plynulý, regulovaný výdechový proud vzduchu z plic. Ten je zejména při zpěvu zajišťován aktivitou břišních svalů při výdechu.

Dále lze předpokládat, že aktivací bránice a rozvinutím dolního hrudníku při dýchání dojde ke snížení potřeby zapojovat do dechového stereotypu akcesorní inspirační svaly. Sníží se tak napětí v oblasti ramen a krku, následkem čehož by mohlo dojít k „rozvinutí“ rezonančních dutin vokálního traktu. Tento fakt by potom mohl mít vliv i na zesílení některých vyšších harmonických frekvencí ve spektru složeného tónu a ovlivnil by tedy i zbarvení hlasu.

Udržení stálého výdechového proudu vzduchu je podmínkou pro stálý tón bez výrazných výkyvů intenzity. Aktivací HSS se zvýší schopnost plynule regulovat výdechovou rychlost proudu vzduchu z plic, což by se mohlo odrazit ve snížení amplitudového kolísání během zpěvu daného tónu. Stejně tak se tento

mechanismus může projevit i na stálosti frekvence tohoto tónu, neboť frekvence také závisí na velikosti tlaku procházejícího vzduchu.

Úkolem práce bude tyto domněnky potvrdit nebo naopak vyvrátit.



## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Zvuk

Zvuk je mechanické vlnění, které se šíří v čase s určitou rychlostí v pružném prostředí a je charakterizované určitou frekvencí a intenzitou. Ke vzniku mechanického vlnění je potřeba zdroj rozruchu, který rozkmitá částice prostředí, dále prostředí, ve kterém se rozruch šíří (nejčastěji se jedná o vzduch), a vazba nebo mechanismus, kterým se uskutečňuje přenos energie rozkmitaných částic prostředí.

Vlnění se může šířit buď ve směru příčném (transverzálním), nebo podélném (longitudinálním). Transverzální vlnění, kdy částice kmitají kolmo na směr pohybu vlnění, se uplatňuje pouze v tuhém, pružném prostředí. Při longitudinálním vlnění částice kmitají ve směru šíření vlnění, čímž dochází ke zhušťování a zředování daného prostředí. Toto vlnění se uplatňuje pouze při šíření zvuku v plynném a kapalném prostředí.

Frekvence zvuku se nachází v mezích slyšitelnosti lidského ucha, tedy od 16 Hz do 20000 Hz (mechanické vlnění s frekvencí pod hranicí slyšitelnosti se označuje jako infrazvuk, naopak při frekvenci nad hranicí slyšitelnosti se jedná o ultrazvuk).

Zvuky můžeme podle jejich průběhu rozdělit na zvuky nehudební a hudební. Pokud zdroj zvuku budí vlnění, které má neperiodický průběh, označujeme takové zvuky jako nehudební. Řadí se mezi ně např. údery, šramot, šelest, vrzání apod. Hudební zvuky naproti tomu mají pravidelný, periodický průběh a označují se jako tóny. Zvuk, ve kterém se vyskytuje současně periodická a neperiodická složka, se označuje jako hluk. Dále se budeme zabývat pouze zvuky hudebními, tedy tóny (Hrazdira & Mornstein, 2001; Geist, 2005; Uhrová, n. d.).

#### 2.1.1 Fyzikální vlastnosti hudebních zvuků obecně

Tón může být buď jednoduchý, se sinusovým průběhem, se kterým se v hudbě ale příliš často nesetkáváme (vydává ho např. ladička nebo je uměle produkován generátorem), nebo složený. Složený tón má nesinusový průběh a skládá se ze základního tónu, který určuje výšku, vyšších harmonických tónů (svrchních, alikvótních) a částkových (parciálních) tónů. Vyšší harmonické tóny mají menší amplitudu, jsou tedy slabší než

základní tón a neznějí vždy všechny. Jsou určeny frekvencemi, které jsou celočíselnými násobky frekvence tónu základního. Tedy druhý harmonický tón má dvojnásobně, třetí trojnásobně atd. vyšší frekvenci než tón základní (též označovaný jako první harmonický).

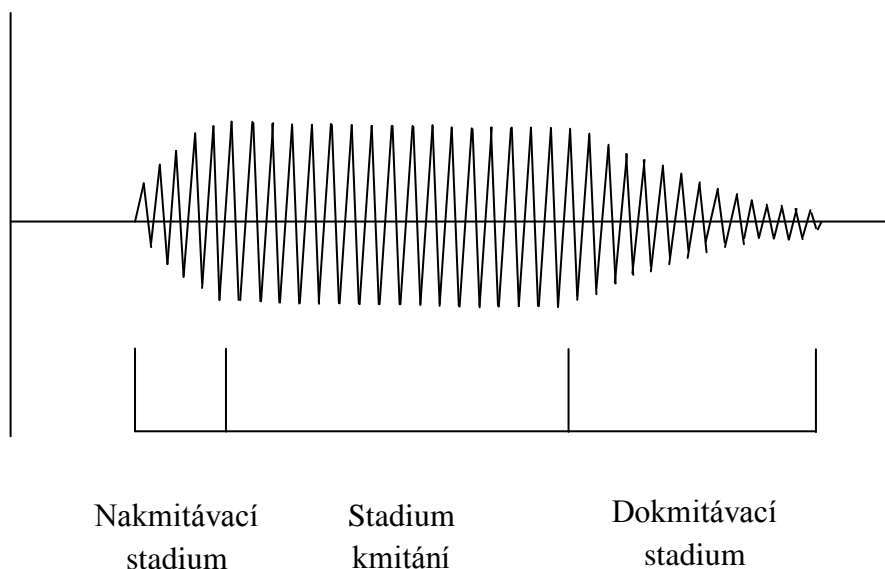
Se základním tónem mohou zaznívat i tóny, které nejsou celočíselným násobkem frekvence základní, takové tóny se označují jako tóny parciální (Geist, 2005).

Tóny můžeme charakterizovat pomocí čtyř základních parametrů, kterými jsou výška, intenzita, délka a barva.

**Výška** je jednoznačně určena frekvencí základního tónu a vyjadřuje se v hertzech (Hz). Čím vyšší frekvence, tím vyšší tón, naopak čím nižší frekvence, tím tón vnímáme jako hlubší.

**Intenzita** zvuku je charakterizována jako množství akustické energie, které projde určitou plochou (kolmou na šíření zvuku) za jednotku času. Intenzita zvuku je spojena s amplitudou kmitání pružného tělesa, přičemž čím větší bude tato amplituda, tím větší bude intenzita a tím silnější bude zvuk. Mechanická energie vytvářená kmitajícím tělesem se transformuje do akustické energie, ta stimuluje sluchový aparát, a pak ji vnímáme jako zvuk. Kmitajícím pružným tělesem může být např. vzduchový sloupec při tvorbě hlasu.

**Délka** (časový průběh) je určena dobou, po kterou pružné těleso kmitá nebo je rozkmitáváno. Časový průběh tónu má svou strukturu, skládá se z 3 na sebe navazujících stadií: stadium nakmitávací, stadium kmitání a stadium dokmitávací. V prvním a třetím stadiu dochází k výrazným změnám amplitudy, druhé stadium má amplitudu relativně stálou (viz Obrázek 1).



Obrázek 1. Struktura časového průběhu tónu (Vlastní práce)

**Barvu** tónu můžeme posuzovat pouze u tónu složeného. Barva je dána vyššími harmonickými frekvencemi, které vznikají jako drobné přídavné kmity na izolovaných okrcích kmitajícího tělesa (např. hlasivek). Díky nižší akustické energii jsou vyšší harmonické frekvence sluchem nerozlišitelné, vnímáme je pouze jako barvu základního tónu. Barva je tím průraznější a ostřejší, čím je ve složeném tónu zastoupeno více vyšších harmonických frekvencí a čím jsou intenzivnější. Sudé vyšší harmonické frekvence barvu zvuku spíše ztemňují, změkčují, díky nim je barva zastřená, naopak liché vyšší harmonické frekvence způsobují, že je barva ostřejší, jasnější a lesklejší (Geist, 2005; Hrazdira & Mornstein, 2001; Krčmová, 2009; Kučera, 2010).

### 2.1.2 Tvorba hlasu (fonace)

Tvorba hlasu se definuje jako motorické chování hrtanu, které vyžaduje vysoce specializovanou koordinaci neuromuskulární kontroly hrtanové funkce a dýchání.

Tvorba hlasu má čtyři hlavní komponenty: proud vzduchu, oscilátor, rezonátor a zesilovač. Zdrojem proudu vzduchu při hlasové produkci jsou plíce za přispění svalů břicha, hrudníku a zad. Je vyžadována volní kontrola dýchání, kdy subglottický tlak (pod hlasivkami) musí být během výdechu řízen tak, aby spustil a udržel vibraci hlasivek. Oscilátorem jsou vibrující hlasivky, které udělují vzduchovému proudu z plic vlnitý pohyb. Rezonátor a zesilovač je tvořen zbylými částmi vokálního traktu, tedy částí hrtanu nad hlasivkami, dále hltanem, dutinou ústní včetně jazyka a patra, dutinou nosní, vedlejšími nosními dutinami a hlavou.

Při tvorbě hlasu se hlasivky semknou v addukci. Vzduch je vytlačen z plic směrem k addukovaným hlasivkám a snaží se je oddělit. Pod hlasivkami dochází ke zvyšování tlaku vydechovaného vzduchu, až v určitém okamžiku přemůže tlak vzduchu napětí addukovaných hlasivek, které tak povolí a rozestoupí se do stran. V tomto okamžiku vnikne vzduchový proud do dutin nad hlasivkami a narazí na vzdušný obsah těchto dutin. Tím se ovšem sníží tlak v subglottickém prostoru, napětí hlasivek opět převládne, takže se sevrou a tím způsobí opětovné zvyšování tlaku pod nimi. Tento děj se velmi rychle opakuje – vznikají tak pravidelné nárazy přerušovaného, vydechovaného proudu vzduchu na vzdušný obsah dutin nad hlasivkami, ten se tak rozkmitá a vzniká hlas.

Frekvence otevírání a zavírání hlasivek určuje frekvenci zvukových vln a tím podmiňuje výšku hlasu. Tato frekvence se označuje jako frekvence základní nebo první harmonická ( $F_0$  nebo  $H_1$ ). Zvuk produkovaný vibracemi hlasivek je podobný zvuku, který tvoří rty při bzučení, je slabý a řezavý. Tento zvuk je dále upravován průchodem rezonančními dutinami vokálního traktu. Vzniká hlas s charakteristickým individuálním zabarvením daným harmonickými frekvencemi –  $H_2$  až  $H_x$  (Dokládál & Páč, 2000; Heman – Ackah, 2005; Sataloff, Heman – Ackah & Hawkshaw, 2007).

Zjednodušeně lze tvorbu hlasu popsat pomocí teorie zdroje a filtru, kdy tvorba hlasu probíhá ve dvou stupních. První stupeň představuje transformaci tlaku vzduchového proudu vycházejícího z plic na akustický tlak pomocí kmitání hlasivek. Tak vzniká prvotní akustický signál charakterizovaný základní a harmonickými frekvencemi, jejichž

amplituda s vyššími frekvencemi plynule, monotónně klesá. Ve druhém stupni dochází k modulaci prvotního akustického signálu v rezonančních dutinách do výsledného akustického signálu. Rezonanční dutiny zde působí jako akustické filtry, které některé harmonické frekvence zesilují, jiné utlumují, čímž vzniká charakteristické zabarvení hlasu (Gilániová, 2009; Wolfe, Garnier & Smith, 2008).

## **2.2 Anatomie**

Na tvorbě hlasu se podílí nejen oblast vlastního hlasového ústrojí – hrtanu, ale i řada systémů těla, jejichž vazby nelze opomenout. Jedná se především o systém dýchací a muskuloskeletální.

### **2.2.1 Dýchací systém**

Dýchací soustava se skládá z dýchacích cest a plic.

Dýchací cesty jsou tvořeny vyztuženými trubicemi, kterými proudí při respiraci vzduch. Dělíme je na horní a dolní dýchací cesty, přičemž hranici mezi nimi představuje prostřední část hltanu (oblast, kde se dýchací cesty kříží s cestami polykacími).

Do horních dýchacích cest řadíme dutinu nosní a nosohltan, do dolních dýchacích cest pak hrtan (vlastní hlasové ústrojí), průdušnici a průdušky (Čihák, 2002; Páč, 2000).

#### **2.2.1.1 Hrtan (larynx)**

Hrtan je nepárový dutý orgán tvaru trojbokého jehlanu (základnou obráceného nahoru), který slouží k fonaci a respiraci. Skelet hrtanu je tvořen chrupavkami, vzájemně spojenými klouby, vazy a svaly. Mezi chrupavky hrtanu patří nepárová chrupavka štítná (cartilago thyroidea), nepárová chrupavka prstencová (cartilago cricoidea), párové chrupavky hlasivkové (cartilagine arytaenoideae), dále nepárová chrupavka příklopky hrtanové (cartilago epiglottica) a několik menších chrupavek, většinou párových: cartilago corniculata, cartilago cuneiformis, cartilago triticea (Čihák, 2002; Páč, 2000).

Anatomie chrupavek hrtanu viz Příloha III.

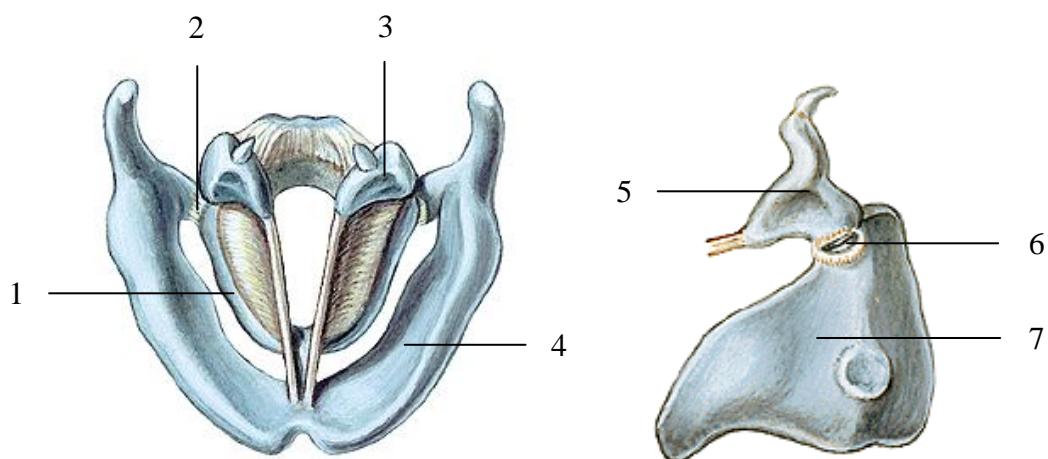
### 2.2.1.1.1 Spojení chrupavek hrtanu

Chrupavky hrtanu jsou vzájemně spojeny klouby a syndesmózami.

#### Klouby hrtanu

**Articulatio cricothyroidea** představuje spojení dolního rohu štítné chrupavky s kloubní ploškou chrupavky prstencové. Tento kloub umožňuje kývavé pohyby štítné a prstencové chrupavky.

**Articulatio cricoarytaenoidea** tvoří spojení mezi kloubní ploškou na horní hraně prstencové chrupavky a jamkou na bázi chrupavky hlasivkové. Volnost tohoto kloubu umožňuje posuvné a rotační pohyby, které jsou základem abdukce a addukce hlasových vazů (Čihák, 2002).



*1 – cartilago cricoidea, 2 – articulatio cricothyroidea, 3 – cartilago arytaenoidea,  
4 – cartilago thyroidea, 5 – cartilago arytaenoidea, 6 – articulatio cricoarytaenoidea,  
7 – cartilago cricoidea*

Obrázek 2. Klouby hrtanu (Putz & Pabst, 2007a, str. 125, 122)

## Syndesmózy hrtanu

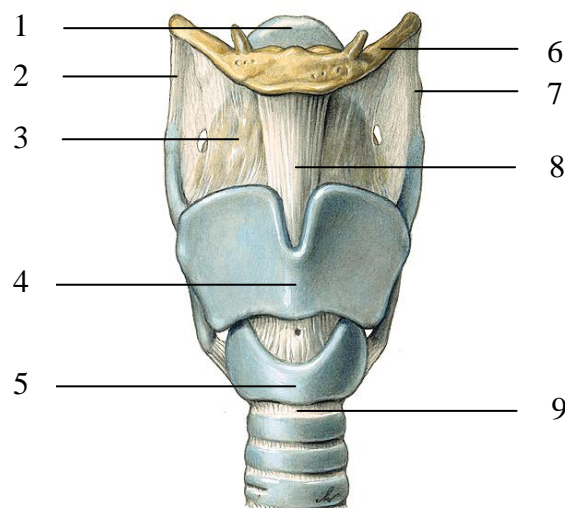
**Membrana thyroidea** tvoří spojení mezi horním okrajem štítné chrupavky a jazylkou. Je zesílena ve střední čáře a na obou zadních koncích, čímž vzniká nepárové ligamentum thyroideum medianum a párové ligamentum thyroideum laterale dextrum et sinistrum.

**Conus elasticus** představuje systém vazivových snopců, který tvoří součást podslizničního vaziva hrtanu. Rozbíhá se od hlasových vazů kaudálně na vnitřní obvod prstencové chrupavky, resp. hlasové vazy (ligamenta vocalia) jsou ztluštělým horním okrajem conus elasticus.

**Ligamenta vocalia** neboli hlasové vazy je soubor vazivových vláken uložený v horizontální rovině, probíhající ventrodorzálně. Hlasové vazy jsou dva, přičemž ventrálně nasedají těsně vedle sebe na vnitřní plochu štítné chrupavky, dorzálně se pak rozbíhají a upínají se na processus vocalis hlasivkových chrupavek, na jejich tělo a částečně také na okraj jejich báze.

**Ligamentum cricotracheale** je tvořeno svislými snopci, které spojují dolní obvod prstencové chrupavky s průdušnicí.

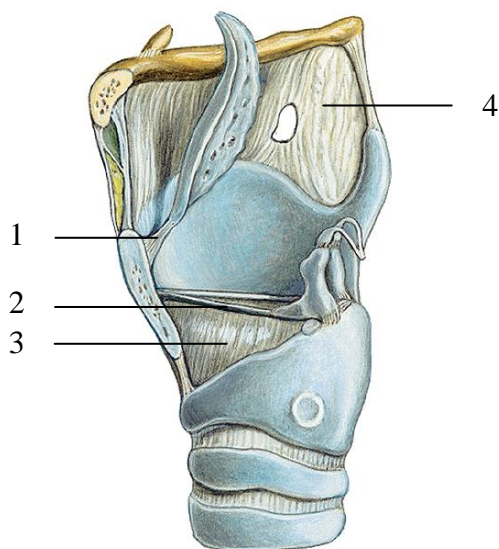
**Ligamentum thyroepiglotticum** připojuje stopku hrtanové příklopky k vnitřní ploše štítné chrupavky (Čihák, 2002).



1 – cartilago epiglottica, 2 – lig. thyroideum laterale dextrum, 3 – membrana thyroidea, 4 – cartilago thyroidea, 5 – cartilago cricoidea, 6 – os hyoideum, 7 – lig. thyroideum laterale sinistrum, 8 – lig. thyroideum medianum, 9 – lig. cricotracheale

Obrázek 3. Syndesmózy hrtanu 1 (Putz & Pabst, 2007a, str. 123)





1 – lig. thyroepiglotticum, 2 – lig. vocale, 3 – conus elasticus, 4 – membrana thyroidea

Obrázek 4. Syndesmózy hrtanu 2 (Putz & Pabst, 2007a, str. 124)

Kloubní spojení hlasivkových chrupavek s chrupavkou prstencovou se řadí k nejsložitějším kloubním mechanismům v lidském těle. Zdánlivě jednoduché klouby totiž umožňují rozmanité pohyby, které se odehrávají v rovině horizontální (addukce, abdukce) i vertikální po víceméně eliptických drahách a to díky vnitřním a vnějším svalům hrtanu. Tyto pohyby jsou přenášeny na hlasové vazy, které je sledují, stejně tak sliznice hlasivek – vlní se ze subglottického prostoru mediokraniálním směrem a poté po horní ploše hlasivek posunem slizniční vlny laterálně. Všechny tyto pohyby mají velký vliv na tvoření a úpravu hlasu (Šram, Švec, Havlík & Frič, n. d.).

### 2.2.1.1.2 Svaly hrtanu

Svaly hrtanu dělíme jednak na svaly vnitřní, které se vztahují pouze k hrtanu, a svaly vnější, které připojují hrtan k dalším strukturám v oblasti krku a hlavy.

#### Vnitřní svaly hrtanu

Vnitřní svaly hrtanu jsou párové svaly, které ovládají pohyby chrupavek hrtanu a tím určují napětí hlasových vazů a šířku štěrbiny mezi nimi. Jedná se o svaly příčně pruhované, s největším zastoupením svalových vláken typu IIa, z čehož vyplývá, že jsou uzpůsobeny spíše k rychlé kontrakci, ale zároveň jsou schopny odolávat únavě.

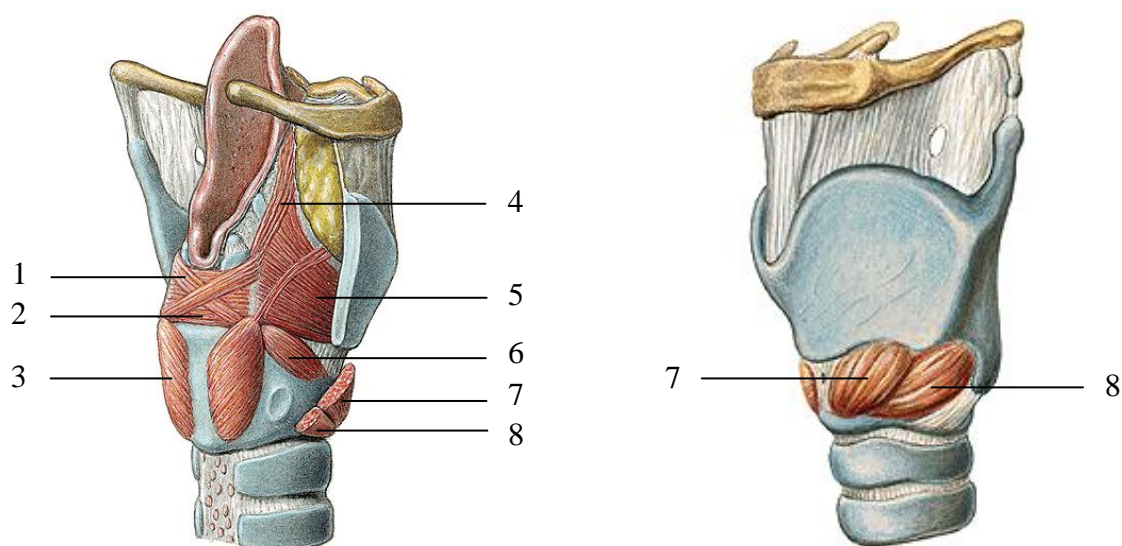
Vnitřní svaly hrtanu mění polohu, délku a napětí hlasových vazů a polohu epiglottis tím, že pohybují hlasivkovými chrupavkami vůči chrupavce prstencové či chrupavce štítné, mění polohu mezi hlasivkovými chrupavkami navzájem a mění i polohu epiglottis. Výsledné napětí, poloha hlasivek a poloha epiglottis jsou tedy dány vzájemnou kokontrakcí vnitřních hrtanových svalů.

Podle funkce můžeme vnitřní svaly hrtanu rozdělit do dvou skupin: svaly ovládající epiglottis a svaly ovládající hlasové vazy.

- 1) **Svaly ovládající epiglottis** mají dva zástupce – m. thyroepiglotticus a m. aryepiglotticus, které svou kontrakcí otevírají, resp. zavírají vchod do hrtanu.
  
- 2) **Svaly ovládající hlasové vazy** zodpovídají za respirační nebo fonační polohu hlasivek, za jejich tvar a napětí. Tuto skupinu můžeme dále rozdělit na:
  - **Svaly provádějící pohyb v articulatio cricoarytaenoidea.** Svaly této skupiny svou kontrakcí staví hlasivky do respirační polohy, jedná se tedy o abduktory, jejichž zástupcem je m. cricoarytaenoideus posterior, nebo do polohy fonační, zde se jedná o adduktory, mezi které patří m. cricoarytaenoideus lateralis a m. arytaenoideus, který je nejsilnějším adduktorem z vnitřních svalů hrtanu.
  
  - **Svaly provádějící pohyb v articulatio cricothyroidea.** Svaly této skupiny napínají hlasové vazy, pak se označují jako tensory (pars recta et obliqua m. cricothyroidei a m. vocalis), nebo jejich napětí uvolňují

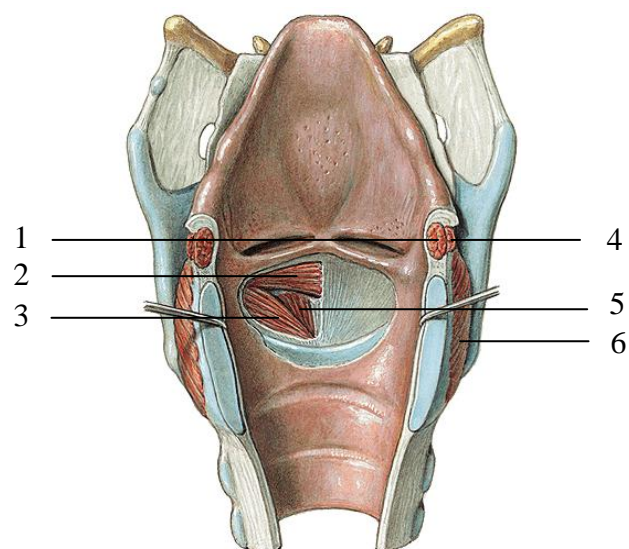
(*m. thyroarytaenoideus*). *M. cricothyroideus* je svou kontrakcí nejvíce zodpovědný za prodloužení a zvýšení napětí hlasivek, hraje tedy důležitou roli při kontrole hlasového rozsahu. Jeho kontrakce, resp. kokontrakce s *m. thyroarytaenoideus* vede ke zvýšení hlasového rozsahu (Čihák, 2002; Dokládal & Páč, 2000; Hong, 2001; Ludlow, 2005; Poletto, Verdun, Strominger & Ludlow, 2004; Sataloff, Heman – Ackah & Hawkshaw, 2007).

Anatomii vnitřních svalů hrtanu shrnují Tabulky 4, 5 a 6 v Příloze IV.



1 – *m. arytaenoideus obliquus*, 2 – *m. arytaenoideus transversus*, 3 – *m. cricoarytaenoideus posterior*, 4 – *m. aryepiglotticus*, 5 – *m. thyroarytaenoideus*, 6 – *m. cricoarytaenoideus lateralis*,  
7 – *m. cricothyroideus (pars recta)*, 8 – *m. cricothyroideus (pars obliqua)*

Obrázek 5. Vnitřní svaly hrtanu 1 (Putz & Pabst, 2007a, str. 126)



1 – *m. arytaenoideus transversus*, 2 – *m. vocalis*, 3 – *m. cricoarytaenoideus lateralis*,  
 4 – *m. arytaenoideus obliquus*, 5 – *m. cricothyroideus (pars recta)*,  
 6 – *m. cricoarytaenoideus posterior*

Obrázek 6. Vnitřní svaly hrtanu 2 (Putz & Pabst, 2007a, str. 127)

### Vnější svaly hrtanu

Tyto svaly hrají roli při udržování polohy hrtanu v krku a jsou velice důležité pro udržení stability kostry hrtanu. Vnější svaly hrtanu táhnou hrtan směrem kranálnímu či kaudálnímu, mohou měnit napětí nebo úhly mezi hrtanovými chrupavkami a tím i klidové napětí vnitřních hrtanových svalů. Stabilní kostra hrtanu je základem pro efektivní práci vnitřních hrtanových svalů.

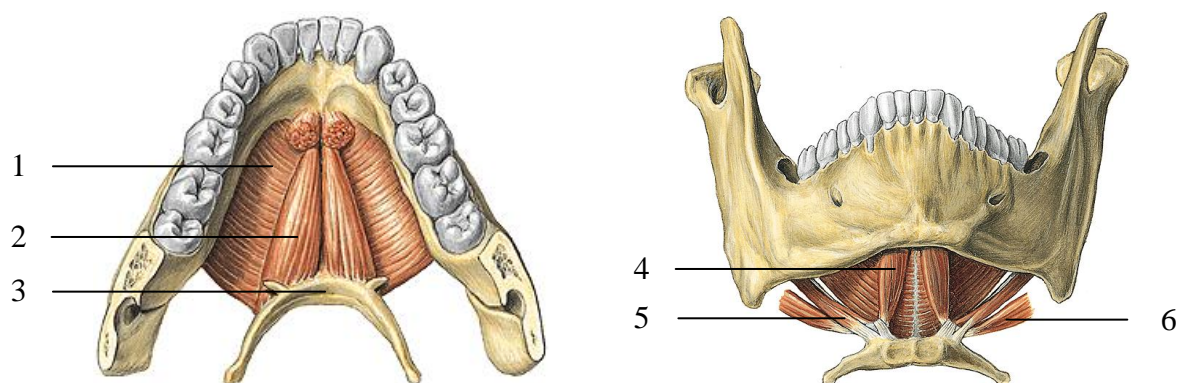
Poloha hrtanu má vliv na rezonance vokálního traktu. Elevace hrtanu způsobuje zkrácení vokálního traktu, se kterým je spojeno zvýšení všech frekvencí, často se jedná o tvorbu hlasu se silnou tenzní komponentou. Naopak deprese hrtanu vokální trakt prodlužuje, je spojena s nádechem a otevřením glottis. Co se tvorby hlasu týče, je zodpovědná za jemnější a příjemnější způsob fonace. U trénovaných zpěváků vnější svaly hrtanu dokážou udržet hrtan v relativně stálé vertikální pozici během celého hlasového rozsahu. I když podle některých studií (např. dle Pabsta a Sundberga, 1992) existuje

alespoň malá závislost polohy hrtanu na výšce zpívaného tónu, kdy se poloha hrtanu zvyšuje s rostoucí výškou zpívaných tónů (Camponês do Brasil, Yamasaki & de Souza Leão, 2005; Čihák, 2001; Hurme & Sonninen, n. d.; Sataloff, Heman – Ackah & Hawkshaw, 2007).

Vnější svaly hrtanu dělíme podle uložení do 2 skupin:

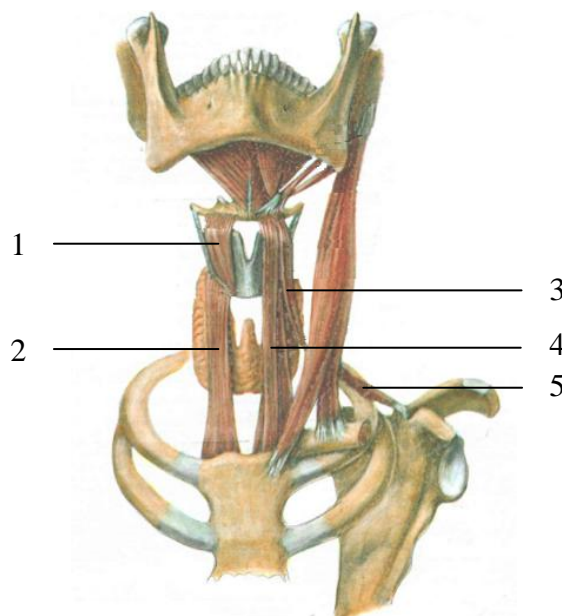
1) **svaly nadjazykové:** m. stylohyoideus, m. mylohyoideus, m. geniohyoideus a m. digastricus

2) **svaly podjazykové:** m. sternohyoideus, m. thyrohyoideus, m. sternothyroideus a m. omohyoideus



*1 – m. mylohyoideus, 2 – m. geniohyoideus, 3 – os hyoideum, 4 – venter anterior m. digastrici, 5 – m. stylohyoideus, 6 – venter posterior m. digastrici*

Obrázek 7. Nadjazykové svaly (Putz & Pabst, 2007a, str. 106)



*1 – m. thyrohyoideus, 2 – sternothyroideus, 3 – venter superior m. omohyoidei,  
4 – m. sternohyoideus, 5 – venter inferior m. omohyoidei*

Obrázek 8. Podjazylkové svaly (Čihák, 2001, str. 373)

### **2.2.1.1.3 Hlasivky a hlasivková štěrbina**

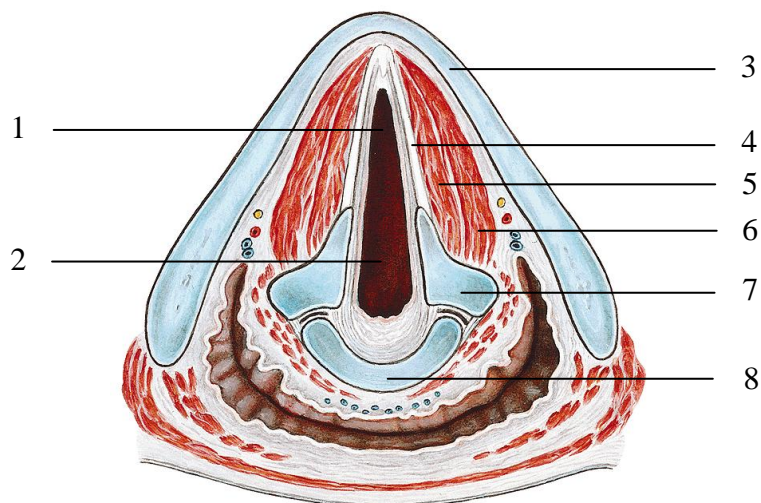
Hlasivky (plicae vocales) jsou ventrodorzálně probíhající valy tvaru přibližně trojbokého hranolu. Jejich podkladem je lig. vocale, m. vocalis a m. thyroarytaenoideus, který se k lig. vocale přikládá laterálně. Celý tento útvar je pak kryt jemnou sliznicí.

Mezi hlasivkami se nachází nejužší místo dýchacích cest – hlasivková štěrbina (rima glottidis). Hlasivková štěrbina mění svou šířku a napětí okrajů vlivem svalů, které podmiňují pohyby hrtanových chrupavek. V prvních dvou třetinách své délky je ohraničena hlasovými vazami, tzv. pars intermembranacea, okraje zbývající zadní třetiny, pars intercartilaginea, tvoří hlasivkové chrupavky.

Při dýchání je rima glottidis rozevřena, hlasivky jsou v respirační poloze, v abdukci. Při tvorbě hlasu se hlasivky napínají a přikládají k sobě, dostávají se do fonační polohy,

do addukce. Rima glottidis se uzavírá jak v pars intermembranacea, tak v pars intercartilaginea.

Délka hlasivek se různí, podle věku a pohlaví se pohybuje v rozmezí 1,5 – 2,5 cm. U muže bývají hlasové vazy delší, podmiňují tak hlubší mužský hlas (Čihák, 2002; Dokládal & Páč, 2000).



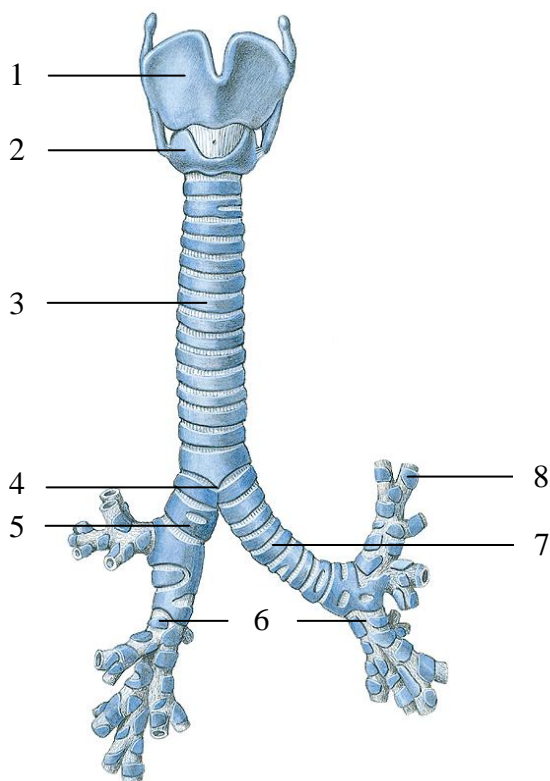
*1 – rima glottidis, pars intermembranacea, 2 – rima glottidis, pars intercartilaginea,  
3 – cartilago thyroidea, 4 – lig. vocale, 5 – m. vocalis, 6 – m. thyroarytaenoideus,  
7 – cartilago arytaenoidea, 8 – cartilago cricoidea*

Obrázek 9. Hlasivková štěrbina (Putz & Pabst, 2007a, str. 131)

### 2.2.1.2 Dolní cesty dýchací (kromě hrtanu)

Vzduch proudí do plic průdušnicí (tracheou), která kraniálně navazuje na hrtan a kaudálně se v úrovni 4. – 5. hrudního obratle rozděluje (bifurcatio tracheae) a přechází v hlavní průdušky.

Hlavní průdušky (bronchus principalis dexter et sinister) jsou základními „kmeny“ pro bronchiální strom (arbor bronchialis), který se dále větví v lalokové a segmentální průdušky (bronchi lobares et bronchi segmentales). Tyto dva typy bronchů jsou již součástí plic. Stěny trachey a bronchů jsou vyztuženy chrupavkami ve tvaru podkovy (Čihák, 2002; Dokládal & Páč, 2000).



1 – *cartilago thyroidea*, 2 – *cartilago cricoidea*, 3 – *trachea*, 4 – *bifurcatio tracheae*,  
5 – *bronchus principalis dexter*, 6 – *bronchi lobares*, 7 – *bronchus principalis sinister*,  
8 – *bronchus segmentalis*

Obrázek 10. Chrupavky dolních cest dýchacích (Putz & Pabst, 2007a, str. 90)



Plíce (pulmo) jsou párový orgán, v němž při dýchání dochází k výměně plynů mezi krví a vzduchem. Do plic vstupující průdušky se větví na drobnější průdušinky (bronchioli), na jejichž terminální větévky pak navazují plicní sklípky (alveoli pulmonis) s hustou sítí kapilár. Každá plíce je rozdělena na laloky (pravá na tři, levá pouze na dva). Každý tento lalok pracuje podobně jako balón – zvětšuje se, když do něj vstupuje vzduch, a naopak zmenšuje, když z něj vzduch vychází. A stejně jako balón mají tyto laloky určitý stupeň elasticity, která toto zvětšení a zmenšení dovoluje. Plíce mají schopnost rozvíjet se ve všech třech rozměrech, přičemž největších exkurzí dosahují směrem kaudálním.

Plíce zajišťují dvě, pro tvorbu hlasu nepostradatelné, podmínky: stálý proud vzduchu procházející mezi hlasivkami a jeho potřebnou sílu. Mohlo by se proto usuzovat, že trénování zpěváci budou mít větší celkovou vitální kapacitu plic. Spíše jde ale o to, že trénovaný zpěvák umí efektivně využívat vzduch v plicích (Čihák, 2002; Dokládál & Páč, 2000; Heman – Ackah, 2005; Sataloff, Heman – Ackah & Hawkshaw, 2007).

### **2.2.1.3 Mechanismus dýchání**

Základem dýchání je rytmické zvětšování a zmenšování objemu plic. Plíce, ačkoli jsou elastické, nemají samy o sobě schopnost aktivního pohybu. Změna jejich objemu je tedy závislá na pohybech hrudníku a změnách jeho objemu. Pohyby hrudníku, tzv. dýchačí pohyby se rytmicky opakují ve dvou fázích: inspirium (nádech), během kterého se dutina hrudní zvětšuje působením inspiračních svalů ve 3 směrech (vertikálním, předozadním i horizontálním), a expirium (výdech), během kterého se objem dutiny hrudní zmenšuje a to zejména aktivitou expiračních svalů.

Dýchačí pohyby můžeme pozorovat ve 3 sektorech trupu:

- dolní sektor (břišní) – mezi bránicí a pánevním dnem, anatomicky utvářen břišními svaly a jejich začátky na chrupavčité části nepravých žeber a na hrudní kosti
- střední sektor (dolní hrudní) – mezi bránicí a 5. hrudním obratlem
- horní sektor (horní hrudní) – mezi 5. hrudním obratlem a dolní krční páteří

Při dýchání se nejdříve aktivuje břišní sektor, pak dolní hrudní a nakonec horní hrudní sektor. Tato postupná aktivace se označuje jako dechová vlna a probíhá stejným směrem jak při inspiriu, tak při expiriu.

Při dýchacích pohybech můžeme pozorovat odlišný pohyb dolních a horních žeber, který je dán osou rotace žeber (osa procházející středem costotransverzálního a costovertebrálního kloubu). Ta je u dolních žeber skloněna více do sagitální roviny, proto se dolní žebra rozšiřují při inspiriu spíše do stran (směrem laterolaterálním) a zvětšují tak transverzální rozměr hrudníku, zatímco osa rotace horních žeber se blíží více frontální rovině, proto se horní žebra při inspiriu pohybují spíše anteriorně a zvětšují tak anteroposteriorní rozměr hrudníku (Dokládál & Páč, 2000; Dylevský, 2009; Kapandji, 1974; Kolář, 2009; Véle, 2006).

### **Mechanismus inspiria**

Inspirium začíná v břišním sektoru, kdy při kontrakci bránice dochází k aktivnímu snížení jejích kleneb, které tak stlačují útroby. Zvyšuje se intraabdominální tlak a břišní stěna se mírně vyklenuje ventrálním směrem. Dolní žebra se rozvíjejí laterolaterálním směrem a hrudní páteř se přitom lehce extenduje. Oploštěním bránice se zvětšuje hrudní dutina, klesá v ní tlak a vzduch proudí do plic.

Pohyb bránice kaudálním směrem se postupně zpomaluje, jak narůstá intraabdominální tlak. Na jeho zvýšení se podílí bránice, m. transversus abdominis, ostatní svaly břišní stěny, které ji přitlačují k páteři, ale nepřibližují současně sternum k symfýze, a svaly pánevního dna, které brání průniku útrob do pánevního otvoru. Tímto nárůstem intraabdominálního tlaku se stabilizuje bederní páteř.

Pohyb se dále přesouvá do dolního hrudního sektoru, kde se dolní žebra rozvíjí do stran aktivitou mm. intercostales externi. Nakonec pohyb přechází i do horního hrudního sektoru, kde dochází k rozšíření hrudníku směrem vzhůru a předozadně.

Při větších potřebách vzduchu se navíc aktivují akcesorní inspirační svaly, které zvětšují objem dutiny hrudní, aby do ní mohlo proudit více vzduchu (Dokládál & Páč, 2000; Dylevský, 2009; Kapandji, 1974; Kolář, 2009; Véle, 2006).

### **Mechanismus exspira**

Na konci inspiria ochabne tonus bránice, kontrahují se břišní svaly, které tlačí na orgány dutiny břišní a vytlačují ochablou bránici směrem do dutiny hrudní. Tím se zmenšuje longitudinální rozměr hrudníku. Kontrakce mm. intercostales interni a váha stěny hrudníku vedou k poklesu žeber, čímž se zmenší ventrodorzální i transverzální rozměr hrudníku. Bránice se opět vyklenuje a vzduch proudí z plic ven (Dokládál & Páč, 2000; Dylevský, 2009; Kapandji, 1974; Kolář, 2009; Véle, 2006).

## 2.2.2 Muskuloskeletální systém

Vyvážená svalová souhra celého těla, stejně jako vyrovnané svalové napětí je základem efektivního dýchání a tedy i zdravého zpěvu. Stav muskuloskeletálního systému a poloha těla ovlivňují mechanismus tvorby hlasu a mohou způsobit zvýšené napětí nebo naopak oslabení funkce břišních svalů, které může vyústit v hlasovou dysfunkci (Sataloff, Heman – Ackah & Hawkshaw, 2007).

### 2.2.2.1 Dýchací svaly

Pohybovou osu dýchání tvoří pánev, páteř a hlava. Dýchací pohyby zajišťované dýchacími svaly slouží k ventilaci plic a zároveň mají vliv na posturální funkci a držení těla.

Na složitém procesu dýchání se podílí pasivní a aktivní síly, které můžeme dále rozdělit na inspirační, účastníci se nádechu, a expirační, účastníci se výdechu. Zdrojem pasivních expiračních sil je elasticita plicní tkáně a hrudníku. Zdrojem aktivních sil jsou inspirační a expirační svaly, které pracují v souladu se silami pasivními. V průběhu inspira a expira působí inspirační a expirační svaly ve vzájemné koaktivaci.

Primárními inspiračními svaly jsou bránice, *mm. intercostales externi*, které vyplňují prostory mezi kostěnými částmi žeber, a *mm. levatores costarum*. Skupina akcesorních inspiračních svalů zahrnuje *m. pectoralis major et minor* při abdukci v ramenním kloubu, kaudální zuby *m. serratus anterior*, *m. sternocleidomastoideus*, *mm. scaleni*, které se na inspiriu podílejí jen tehdy, když je krční páteř fixována jinými svaly, *m. serratus posterior superior*, *m. latissimus dorsi* při abdukci v ramenním kloubu a kraniální vlákna *m. iliocostalis*. Anatomii inspiračních svalů shrnuje Tabulka 9 a 10 v Příloze IV.

Exspirace je během klidného dýchání spíše pasivní. Ovšem při zpěvu či hraní na dechový nástroj se do expirace zapojuje mnoho svalů, a tak se z ní stává aktivní děj. Do primárních expiračních svalů řadíme *mm. intercostales interni* a *m. transversus thoracis*. Akcesorními expiračními svaly jsou břišní svaly (*m. rectus abdominis*, *m. obliquus abdominis externus et internus* a *m. transversus abdominis*), *m. serratus posterior inferior*, kaudální vlákna *m. iliocostalis*, *m. quadratus lumborum* a svaly pánevního dna. Anatomii expiračních svalů shrnuje Tabulka 11 a 12 v Příloze IV.

Mm. obliqui abdominis při kontrakci táhnou žebra kaudálně a zvyšují intraabdominální tlak stlačením obsahu dutiny břišní směrem dovnitř. M. rectus abdominis táhne při kontrakci hrudní kost a žebra kaudálně a stabilizuje břišní stěnu. Kontrakce m. transversus abdominis stlačuje obsah dutiny břišní směrem dovnitř a zvyšuje tak intraabdominální tlak.

Břišním svalům by se při tréninku hlasu měla věnovat značná pozornost. Často se označují jako opora zpěvního hlasu, ačkoli zpěváci považují za svou oporu při zpěvu bránici. Účelem břišní opory je udržet účinný a stálý zdroj síly pro tvorbu hlasu a inspiračně – expirační mechanismus. Břišní opora při výdechu totiž pomáhá zvýšit „sací“ schopnost bránice, což má za následek větší množství vzduchu načerpaného do plic, a pomáhá regulovat proud vzduchu z plic během dýchání a tvorby hlasu (Heman – Ackah, 2005; Kolář, 2009; Sataloff, Heman – Ackah & Hawkshaw, 2007; Věle, 2006).

#### **2.2.2.2 Hluboký stabilizační systém**

Hluboký stabilizační systém (HSS) je definován jako svalová souhra, která zabezpečuje stabilizaci páteře během jakýchkoli dynamických a statických zatížení. To znamená, že svaly HSS jsou aktivovány při každém cíleném pohybu horních i dolních končetin, při sedu, stojí apod. (Kolář & Lewit, 2005).

Mezi svaly HSS se řadí tzv. lokální stabilizátory, tedy svaly s intersegmentálním průběhem, při jejichž aktivitě dochází jen k minimální změně jejich délky, svaly zodpovědné za nastavení jednoho segmentu vůči druhému, a proto svaly nepostradatelné v procesu centrace. V neposlední řadě se jedná o svaly s významnou propioceptivní funkcí.

Jako svaly HSS se nejčastěji uvádějí následující: m. transversus abdominis, svaly pánevního dna, bránice, m. serratus posterior inferior, pars iliovertebralis et costovertebralis m. quadrati lumborum a lokální svaly páteře, např. mm. multifidi et rotatores, mm. intertransversarii, mm. interspinales, pars lumbalis m. longissimi a pars lumbalis m. iliocostalis lumborum.

Jednotlivé svaly HSS však nemohou pracovat ve stabilizační funkci izolovaně. Vždy je nutná jejich vzájemná koaktivace, což znamená, že jeden sval nemůže správně pracovat bez kontrakce druhého. Např. volní kontrakce m. transversus abdominis je prováděná

kontrakcí m. multifidus a naopak, submaximální kontrakce svalů pánevního dna podporuje kontrakci m. transversus abdominis a pro zvýšení intraabdominálního tlaku je nutná kokontrakce m. transversus abdominis, bránice a svalů pánevního dna.

Z našeho pohledu je pak důležitá spolupráce m. transversus abdominis a bránice, která je zřejmá i při dýchání, kdy m. transversus abdominis vytváří (spolu s dalšími svaly) na dolních žebrech punctum fixum pro bránici, což umožňuje v první fázi nádechu sestup centrum tendineum kaudálním směrem (Critchley, 2002; Suchomel & Lisický, 2004).

#### **2.2.2.2.1 Funkce HSS**

Hlavní úlohu hraje HSS ve stabilizační funkci páteře, kdy se automaticky zapojuje, aby chránil páteř proti působení sil vznikajících při veškerých dynamických pohybech a statických zatíženích.

Svaly HSS participují na segmentálním pohybu, což znamená, že jejich dobrá a včasná aktivace lépe chrání daný segment před přetěžováním působícími silami, které se sumují v čase. Zajišťují tak udržení tzv. neutrální zóny, která je definována jako rozsah pohybu jednoho obratle vůči druhému s minimálním odporem kostěných, vazivových a svalových struktur. Dojde-li k rozšíření neutrální zóny degenerací disku nebo traumatem a tedy k nestabilitě segmentu, snahou HSS je tento zvětšený rozsah neutrální zóny opět zmenšit a zabránit tak negativním dopadům instability.

HSS také vytváří punctum fixum pro globální stabilizátory, které se účastní spíše silových, rychlých a méně přesných pohybů. Tím svaly HSS přispívají k ekonomizaci práce globálních stabilizátorů (Kolář, 2009; Panjabi, 1992; Suchomel & Lisický, 2004).

#### **2.2.2.2.2 Timing svalů HSS při stabilizaci páteře**

Během stabilizace páteře se zapojují hluboké extensory páteře, jejichž funkce je vyvážena flekční synergii tvořenou hlubokými flexory krku a intraabdominálním tlakem. Ten je zajišťován souhrou bránice, břišních svalů a svalů pánevního dna. Nejprve se kontrahuje bránice, jejíž kontura se při kontrakci oplošťuje a tím tlačí na obsah dutiny břišní. Ten se chová jako viskózně elastický sloupec, v důsledku čehož se zvyšuje intraabdominální tlak. Pro stabilizační funkci bránice je důležité postavení její osy mezi

pars sternalis a kostofrenickým úhlem bránice, které by mělo být za fyziologické situace horizontální. Jen tak může dojít při nádechu ke zvětšení průměru dolní hrudní apertury všemi směry, které se šíří i do břišní dutiny.

Během aktivace bránice musí být zachováno kaudální postavení hrudníku, čehož se dosáhne pomocí aktivity dolních fixátorů hrudníku – břišních svalů, která musí být vyvážená s aktivitou horních fixátorů hrudníku (mm. pectorales, mm. scaleni, mm. sternocleidomastoidei). Břišní svaly tak vytváří spolu s m. serratus anterior punctum fixum na žebrech, které umožňuje kontrakci bránice. Ve fázi zvýšeného intraabdominálního tlaku a současně probíhajícího dýchání břišní svaly při zvýšeném tonickém napětí excentricky ustupují inspirační kontrakci bránice. Svou koncentrickou nebo izometrickou aktivitou navíc pomáhají zvýšit intraabdominální tlak, čemuž zespodu ještě přispívají svaly pánevního dna. Z toho vyplývá, že pro výsledný vektor síly je důležitý také sklon pánve.

Jsou-li ovšem za patologické situace břišní svaly oslabeny, nemohou vytvořit na dolních žebrech dostatečné punctum fixum pro kontrakci bránice. Hrudník se v důsledku převažující aktivity horních fixátorů dostává do inspiračního postavení, což znamená pro osu bránice šikmé nastavení (oproti fyziologickému horizontálnímu). Toto neideální nastavení má za následek nedostatečné oploštění kontury bránice při současném menším kaudálním sestupu, načež se vytvoří punctum fixum v centrum tendineum (místo na dolních žebrech) a bránice začne stahovat své okrajové části ke středu. Dochází tak k zužování a vtahování mezižebních prostor namísto jejich fyziologického rozšiřování. Do respirace se zapojují horní fixátory hrudníku, což zhoršuje nedostatečnou přední stabilizaci páteře a vede k přetížení extensorů (Kolář, 2007; Kolář, 2009).

#### **2.2.2.2.3 HSS a dýchání**

Z výčtu svalů řadících se do HSS je zřejmé, že tyto svaly se účastní nejen stabilizace trupu, ale i dýchání, jako pomocné dýchací svaly.

V první fázi inspiria, kdy je punctum fixum na žeberech, sternálních a krurálních úponech bránice, se bránice kontrahuje a centrum tendineum je tlačeno kaudálně, čímž se zvětšuje vertikální rozměr hrudníku. Deprese centrum tendineum je náhle zastavena protažením mediastinálních tkání a odporem orgánů dutiny břišní. V tomto momentu (druhá fáze inspiria) centrum tendineum dostává punctum fixum, které umožňuje elevaci

žeber tahem svalových vláken bránice. Elevací dolních žeber bránice zvětšuje transverzální rozměr dolní části hrudníku, přes sternum se elevace současně přenáší na horní žebra. Zvětšuje se tak rozměr hrudního koše v jeho horní části a to především ventrodorzálně.

Pohyb bránice při dýchacích pohybech se přirovnává k pohybu pístu nebo lépe k membránovému čerpadlu. Bránice svým tahem za úpony na žebrech a na páteři a tlakem na orgány dutiny břišní ovlivňuje konfiguraci hrudníku a osového orgánu a tím zasahuje do posturální funkce. Ovlivněním této posturální funkce, tedy aktivací HSS, lze zpětně ovlivnit dýchání a tvorbu hlasu s ním spojenou.

Při poklesu bránice během nádechu dochází k tahu trachey kaudálním směrem, přičemž se tento tah přenáší i na hrtan. Ten ale není tažen kaudálně jako celek, dochází jen ke zvětšení vzdálenosti mezi štítnou a prstencovou chrupavkou (štítná chrupavka je pomocí vazů připevněna k jazylce). V důsledku toho by došlo ke snížení výšky tónu při tvorbě hlasu, proto se kompenzačně zvyšuje aktivita *m. cricothyroideus*. Tah trachey kaudálním směrem v důsledku poklesu bránice má ale ještě jeden následek: dochází k efektivnějšímu otevírání glottis, má tedy abdukční účinek na hlasové vazy. Logickým krokem pak bude zvýšená addukční aktivita vnitřních hrtanových svalů při fonaci. Tyto kompenzační mechanismy působí proti tlačené fonaci.

Cílené ovládání funkce bránice v součinnosti s ostatními svaly HSS a sladění motoriky bránice se svaly hrtanu jako základu fonace u zpěváků, ale nejen u nich, je tedy velice důležité (Kapandji, 1974; Kolář, 2009; Sundberg, Leanderson & von Euler, 1988; Véle, 2006).



## 2.3 Hlasový projev, zpěv

Hlasový projev vznikající díky vzduchovému proudu z plic, který rozkmitává hlasivky, má ve své konečné podobě fyzikální vlastnosti, které ho jednoznačně charakterizují. Tyto fyzikální vlastnosti se mění podle toho, jak tělové systémy hlasový projev ovlivňují. Ovšem existuje i opačná vazba, kdy hlasový projev může ovlivňovat tělové, s tvorbou hlasu spojené systémy.

### 2.3.1 Fyzikální vlastnosti zpívaných tónů

**Výška** tónu je určena počtem hlasivkových kmitů za sekundu. Frekvence hlasivkových kmitů závisí jednak na tlaku vzduchového proudu vycházejícího z plic, jednak na délce a napětí hlasivek, které jsou regulovány svaly hrtanu. Čím vyšší je tlak vzduchového proudu a čím tenčí a napjatější jsou hlasivky, tím vyšší je frekvence hlasivkových kmitů. Hluboké tóny jsou vyjádřeny nízkými frekvencemi, vysoké tóny frekvencemi vyššími, v řádu i několika kHz (Geist, 2005; Šram, Švec, Havlík & Frič, n. d.).

**Intenzita** hlasu závisí na několika faktorech: na intenzitě tlaku vydechovaného proudu vzduchu a tvaru rezonančních dutin pod a nad hrtanem. Zvučnějšího hlasu lze docílit dvěma způsoby: zvýšením proudu vzduchu z plic nebo zvýšením odporu hlasivek. Většinou se preferuje kombinace obojího. Větší síla proudu vzduchu z plic, který je vyvíjen proti lehce zvýšené addukční síle hlasivek, způsobí, že se hlasivky při průchodu vzduchu více rozestoupí. Výsledkem této širší exkurze je pak zvučnější hlas, který vznikne, když se hlasivky opět uzavřou (Heman – Ackah, 2005; Loucks, Poletto, Simonyan, Reynolds & Ludlow, 2007).

**Barva** hlasu představuje kvalitativní akustickou vlastnost hlasu. Jedná se o vlastnost, která odlišuje dva hlasové projevy se stejnou výškou, hlasitostí a hlasovým průběhem. Barva hlasu je určena rozložením akustických energií vyšších harmonických tónů. Harmonické tóny vznikají jednak interferencí pulzů kmitů hlasivek a jednak při průchodu vzduchového proudu rezonančními dutinami, tedy dutinami nacházejícími se nad hlasivkami. Tyto dutiny některé části zvukového spektra zesilují (tzv. skutečná rezonance), jiné zeslabují (tzv. antirezonance). Barva hlasu, resp. nestejně zastoupení

harmonických frekvencí v akustickém spektru hlasu tedy závisí především na anatomickém tvaru a objemu rezonančních, nadglottických dutin – hrtan, hltan, ústní a nosní dutina (Geist, 2005; Kučera, Frič & Halíř, 2010).

U zpívaných tónů bychom asi jen těžko hledali tón s přísně harmonickým spektrem, kde by vyšší harmonické byly určeny přesně celočíselnými násobky frekvence základní. Takové frekvenční spektrum nalezneme jen u tónů uměle generovaných, které tak pro lidské ucho působí nudně, nezajímavě, naši pozornost příliš nepřitahují. Zpívané tóny mají spektrum spíše kvaziharmonické, kde jsou některé vyšší harmonické složky mírně rozladěny (většinou směrem nahoru) a některé zůstávají na původních celočíselných pozicích nebo se jim aspoň blíží. Tyto neharmonicity, odchylky od přísně harmonických vztahů mezi jednotlivými složkami tónu, jsou více či méně typické pro všechny přirozené signály, souvisí zejména s nelineárním chováním oscilátorů (v případě hlasu hlasivek). Tvoří jakýsi děj uvnitř tónu a tím upoutávají pozornost lidského ucha (Srový, 2003; Srový, 2008).

Hlas má oproti zvuku další důležitou vlastnost a to schopnost sdělovat významy prostřednictvím samohlásek (vokálů) a souhlásek (konsonant). Samohlásky mají ve svém spektru dvě charakteristická pásma, tzv. formanty, harmonické tóny k tónu základnímu s vyšší intenzitou oproti ostatním harmonickým, které sémanticky určují konkrétní samohlásku. Každá samohláska vyžaduje konkrétní postavení rezonátoru, zejména ústní dutiny, dále pak hrtanové dutiny a nosohltanu. Každá samohláska má svou frekvenční oblast, která je pro daný rezonátor typická. Pro jednoznačné určení dané samohlásky je potřeba formant ústní a hrtanové dutiny (Geist, 2005).

Zpěvní hlas ovšem využívá formantové oblasti poněkud odlišně – využívá je pro zesílení intenzity hlasu a utváření individuální barvy hlasu. Existují dva mechanismy, jak využívat formantové oblasti: koncentrace a ladění formantů. O koncentraci hovoříme u tzv. pěveckého formantu, který vzniká sblížením (koncentrací) třetího a čtvrtého formantu, ke kterým se dále přidává formant modifikovaného hrtanového prostoru nad hlasivkami. Tato koncentrace formantů vzniká při hlasovém výcviku a vede ke vzniku jednoho výrazného rezonančního vrcholu – pěveckého formantu. Jeho poloha se pohybuje od 2,5 kHz u basu do 3,5 kHz u sopránů. Význam pěveckého formantu ocení především sóloví operní pěvci, protože jim umožňuje se prosadit vůči doprovázejícímu orchestru, ale dobarvuje také jejich hlasové zabarvení.

K ladění formantů dochází při změně tvaru vokálního traktu, kdy lze polohu formantu doladit k některé z harmonických složek hlasivkového tónu. Vzniká tak výrazná rezonance příslušné složky, která má vliv na celkové zesílení a zkvalitnění hlasu (Srový, 2003).

### **2.3.2 Vliv zpěvu a hudby na lidský organismus**

Jak jsme uvedli výše, tvorba hlasu není záležitostí pouze hlasotvorného systému, tedy hrtanu, ale podílí se na ní i systém dýchací a muskuloskeletální, které hlas značně ovlivňují. Ovšem můžeme se na tento vztah podívat i obráceně, tedy na vliv hudby a zpěvu na lidský organismus.

Zpěv se u některých onemocnění může využívat jako terapeutický prostředek. Nasnadě jsou chronická onemocnění dýchacího systému, kterými se ve své studii zabývala např. Bonilha et al. (2009) nebo Lord et al. (2010), jejichž probandi léčící se s chronickým obstrukčním plicním onemocněním navštěvovali pravidelně každý týden hodiny zpěvu a po ukončení studie udávali všichni pozitivní změny ve fyzické zdatnosti, zlepšení kvality života, zmírnění úzkosti a (alespoň mírné) zvýšení maximálního výdechového tlaku.

Zpěv se dále používá jako terapeutický prostředek u poruch řeči, protože přesně stimuluje svaly spojené s dýcháním, fonací, artikulací a rezonancí. Zpěv vyžaduje poměrně silné a rychlé nádechy následované prodlouženými a regulovanými výdechy, které udrží hlas po celou dobu na stejné výšce a o vyšší intenzitě. S úspěchem se využívá např. u pacientů trpících koktavostí, kde zvyšuje plynulost řeči (Wan, Rüber, Hohmann & Schlaug, 2010).

Pozitivního efektu zpěvu si můžeme všimnout i u pacientů s Parkinsonovou chorobou. Ta se mimo jiné projevuje sníženým hlasovým rozsahem a intenzitou hlasu, což pacienty omezuje i v emočním projevu, dále dýchavičností, krátkým fonačním časem či abnormální rychlostí a rytmem řeči. Terapie zpěvem u těchto pacientů prokázala dlouhotrvající výsledky ve smyslu zvýšení srozumitelnosti řeči a zvýšení intenzity hlasu (Wan, Rüber, Hohmann & Schlaug, 2010).

Při cévní mozkové příhodě bývá řeč postižena u čtvrtiny až poloviny pacientů. Jedná se o afázii, poruchu chápání, myšlení a nacházení slov, která se dělí na několik typů. Asi nejčastější bývá motorická afázie, kdy pacienti, trpící touto poruchou, mají zachovalou schopnost chápání, porozumění, ale je u nich postižena artikulace a tvorba vět. Na pacienty

s motorickou afázií byla aplikována intenzivní melodická intonační terapie, která prokázala, že zpěv nebo intonace známých slov a vět může usnadnit tvorbu řeči, a po delší době vedla k funkčním, ale i strukturálním adaptačním změnám v šedé a bílé hmotě mozkové (Wan, Rüber, Hohmann & Schlaug, 2010).

### 2.3.3 Metody vyšetření hlasu

**Percepční hodnocení hlasu** – jedná se o subjektivní hodnocení hlasu vyšetřovatelem.

Hodnocení fonace dle Unie evropských foniatrů: 0 = normální hlas, 1 = zastřený hlas, 2 = mírná dysfonie, 3 = středně těžká dysfonie, 4 = těžká dysfonie, 5 = afonie, 6 = ztráta hlasu po totální laryngektomii.

Škála GRBAS: G = grade (celkový stupeň), R = roughness (drsnost), B = breathiness (dušnost), A = aesthenicity (astenie), S = strain (napětí).

**Hodnocení začátku fonace** – je ovlivněno dechovou technikou. Rozlišujeme tvrdé nasazení, kdy proud vzduchu rozráží uzavřenou štěrbinu mezi hlasivkami a před vlastním tónem se ozve nejprve explozivní šum, dále měkké nasazení, kdy vzduch proudí skrz ne zcela uzavřenou hlasivkovou štěrbinu a hlasivky tak rozkmitává postupně (tento typ nasazení tónu má poloviční vzduchovou spotřebu a pro hlasové ústrojí je nejvýhodnější a nejšetrnější), a nakonec dyšné nasazení, kdy vzduch z počátku proudí otevřenou štěrbinou, takže se ozývá pouze dechový šum v podobě [h], následně dochází k pozvolnému zužování štěrbinu a postupnému rozkmitávání hlasivek jako u měkkého nasazení (dyšné nasazení má však proti měkkému nasazení velkou vzduchovou spotřebu).

**Měření maximální fonační doby** – provádí se třikrát po sobě při fonaci co nejdelšího vokálu [a:] v co nejpohodlnější poloze výšky a intenzity hlasu. Hodnoty maximálního fonačního času závisí na schopnosti hlasivek volně kmitat, na velikosti jejich insuficience, dále na vitální kapacitě plic a schopnosti efektivního vedení dechu.

**Hlasové pole** – metoda založená na současném měření akustického tlaku (v dB) a základní frekvence hlasu (v Hz). Výsledkem je dvourozměrný graf, kde na ose x je zobrazena výška, nejčastěji v půltónech, a na ose y hladina akustického tlaku. Hlasovým

polem je pak plocha obrysových bodů grafu. Měření se provádí při fonaci vokálu [a:] nebo [u:] či [i:], nejprve v co nejtišší zvučné fonaci ve střední poloze hlasu, následuje tichá fonace směrem k vyšším tónům a po dosažení výškového maxima směrem k nízkým tónům. Dále se provede to samé v co nejhlasitější fonaci. Součástí vyšetření je vyšetření konverzačního hlasu při čtení textu a křiku krátkého slova.

Měřitelné parametry hlasového pole:

- Frekvenční rozsah – rozsah hlasu od nejnižšího tónu po nejvyšší v Hz
- Dynamický rozsah – absolutní dynamický rozsah = rozdíl nejhlasitější a nejtišší fonace v dB, relativní dynamický rozsah = rozdíl nejhlasitější možné fonace od nejtišší na jednom tónu
- Plocha hlasového pole – popisuje plochu oblasti možné fonace subjektu
- Obrysové křivky – umožňují určit polohy tónů a hlasitostí s výraznou změnou dynamiky hlasu (jsou spojovány se změnou rejstříků hlasu nebo celkové kvality hlasu).

**Multidimenzionální analýza hlasu** – metoda založená na analytickém programu Multidimensional voice program (MDVP), který umožňuje výpočet 33 parametrů ze 4 s trvajících fonace vokálu [a:].

Základní parametry:

- Frekvenční kolísání (Jitter) – popisuje stupeň poruchy periodicity základní frekvence
- Amplitudové kolísání (Shimmer) – popisuje stupeň poruchy amplitudové stability  
(Oba tyto parametry zvětšují své hodnoty s klesající hlasitostí.)
- SPI (Soft Phonation Index) – průměrný poměr energie harmonických z pásma 70 – 1550 Hz k energii harmonických v pásmu 1600 – 4200 Hz. Posuzuje znělost, zvýšenou hlasitost a tlačnou fonaci či naopak dyšnost, hlasovou slabost a laxní fonaci.
- VTI (Voice Turbulence Index) – poměr neharmonických částí spektra z pásma 1800 – 5800 Hz k energii harmonických v pásmu 70 – 4200 Hz. Tento parametr se uvádí jako akustický korelát dyšnosti.

- Šumové parametry: Poměr harmonických složek k šumu (Harmonic to Noise Ratio, HNR) a poměr šumu k harmonickým složkám signálu (Noise to Harmonic Ratio, NHR)

**Frekvenční analýza hlasu** – metoda založená na rozkladu spojitého signálu na jeho základní frekvenční složky za pomoci rychlé Fourierovy transformace (FFT). Používají se zvukové filtry, které z komplexního hlasu oddělují jednotlivé frekvenční oblasti a zobrazují je podle jejich energie. Filtry mohou být buď úzkopásmové, kdy šíře pásma je 40 – 45 Hz, takové filtry se používají pro zaznamenání jednotlivých složek hlasu, tedy základní frekvence a vyšších harmonických, nebo širokopásmové se šíří pásma 300 Hz, které se používají pro zaznamenání širokých energetických pásem, tedy pro formantové zobrazení.

Parametry získané frekvenční analýzou:

- Základní frekvence (fundamental frequency F0, první harmonická frekvence H1) – určuje výšku hlasu
- Harmonické frekvence (H2 – Hx, alikvótní tóny) – celočíselné násobky základní frekvence, jsou podkladem individuální barvy hlasu
- Intenzita jednotlivých harmonických frekvencí (v dB) – intenzita základní frekvence dává základ tónu
- Intenzita zvuku (v dB) – ve formě RMS amplitudy (Root – Mean – Square) – matematického vzorce, který představuje průměrnou amplitudu daného výběru audio nahrávky

(Gilániová, 2009; Kučera, Frič & Halíř, 2010; Lejska, 2008; Šlapák, Janeček & Lavička, 2009; Syrový, 2003)

### **3 CÍL PRÁCE, VÝZKUMNÉ OTÁZKY, HYPOTÉZY**

#### **CÍL PRÁCE**

Cílem práce bylo zjistit pomocí dostupné přístrojové techniky, zda se již krátkodobá aktivace hlubokého stabilizačního systému promítne do fyzikálních vlastností hlasového projevu.

#### **VÝZKUMNÉ OTÁZKY:**

- 1) Nastane po aktivaci hlubokých stabilizátorů změna frekvence a intenzity jednotlivých harmonických složek ve spektru zpívaného tónu?
- 2) Dojde aktivací hlubokých stabilizátorů ke změně intenzity a maximální délky zpívaného tónu?
- 3) Projeví se aktivace hlubokých stabilizátorů ve stálosti frekvence a amplitudy zpívaného tónu? Bude rozdíl mezi krátkým a dlouhým zpívaným tónem?

#### **HYPOTÉZY**

- 1) Aktivace HSS bude mít vliv na změnu frekvence jednotlivých harmonických složek tónu.
- 2) Aktivace HSS bude mít vliv na změnu intenzity jednotlivých harmonických složek tónu.
- 3) Již po krátké aktivaci HSS dojde k prodloužení maximální fonační doby.
- 4) Již po krátké aktivaci HSS dojde ke zvýšení intenzity zpívaného tónu.
- 5) Aktivace HSS sníží frekvenční a amplitudové kolísání krátkého i dlouhého zpívaného tónu.

## 4 METODIKA

Výzkumu se zúčastnilo celkem 31 probandů, členů pěveckého sboru Salvátor, ve věku 22 – 33 let, z toho 26 žen a 5 mužů. Probandi se rozdělili do dvou skupin: výzkumnou skupinu tvořilo 14 žen a 2 muži, věkový průměr ve skupině byl 25,63 let ( $SD = 3,26$ ), kontrolní skupinu tvořilo 12 žen a 3 muži, věkový průměr ve skupině byl 24,93 let ( $SD = 2,92$ ). Každý proband podepsal informovaný souhlas (Příloha II) a byl zařazen do výzkumu pod číselným kódem, aby byla zaručena jeho anonymita.

S každým probandem byl pořízen zvukový záznam hlasového projevu: u výzkumné skupiny před aktivací HSS a po jeho týdenní aktivaci, u kontrolní skupiny se měření opakovalo rovněž po týdnu, ovšem během tohoto časového úseku probandi kontrolní skupiny žádné cvičení neprováděli.

Zvuk byl nahráván dynamickým mikrofonem Philips SBC MD110. Pomocí zvukové karty SoundMAX Integrated Digital HD Audio byl zvuk převeden do notebooku HP Compaq 6910p ve formátu wav se vzorkovací frekvencí 44,1 kHz.

Nahrávání se odehrávalo ve zkušebně Divadla Karla Pippicha v Chrudimi, každý proband při nahrávání stál, mikrofon umístěný ve stojanu byl od úst vzdálen 5 cm. Jednalo se o dva pěvecké úkoly:

1. úkol: Zazpívat vokál [u:] o frekvenci 440 Hz, resp. 220 Hz s délkou trvání cca 2 s zvučným, silným hlasem.

2. úkol: Zazpívat třikrát po sobě co nejdelší vokál [o:] v komfortní poloze a co nejhlasitěji.

Po prvním měření byl každý proband výzkumné skupiny vyšetřen čtyřmi testy, které hodnotí míru zapojení HSS (vyšetření dechového stereotypu, test flexe trupu, brániční test a test flexe v kyčli vleže na zádech – viz Příloha V). Vyšetření probandů výzkumné skupiny shrnuje Tabulka 1 (viz Výsledky).

Poté byla těmto jedincům vysvětlena funkce HSS v souvislosti s dýcháním a držetím těla a zároveň zaučena aktivace HSS podle sestavy cviků, kterou probandi výzkumné skupiny dostali i v tištěné podobě (viz Příloha VI). Po dobu jednoho týdne probandi cvičili doma podle cvičební jednotky. Poté přišli na druhé nahrávání, stejných úkolů jako před aktivací HSS.



Probandi kontrolní skupiny absolvovali první a po týdnu druhé měření stejných úkolů jako probandi výzkumné skupiny, jen s tím rozdílem, že během týdne žádná cvičení neprováděli.

Probandi výzkumné skupiny hodnotili cvičení jako obtížné, s výjimkou probandů 3, 5 a 16, kteří se bez problému dostali až ke Kroku 3, ostatní se snažili zvládnout přechod z Kroku 1 do Kroku 2 (viz Příloha VI).

Zvukový záznam byl nahráván a digitalizován v demoverzi programu Adobe Audition (44,1 kHz, 16 – bit, stereo).

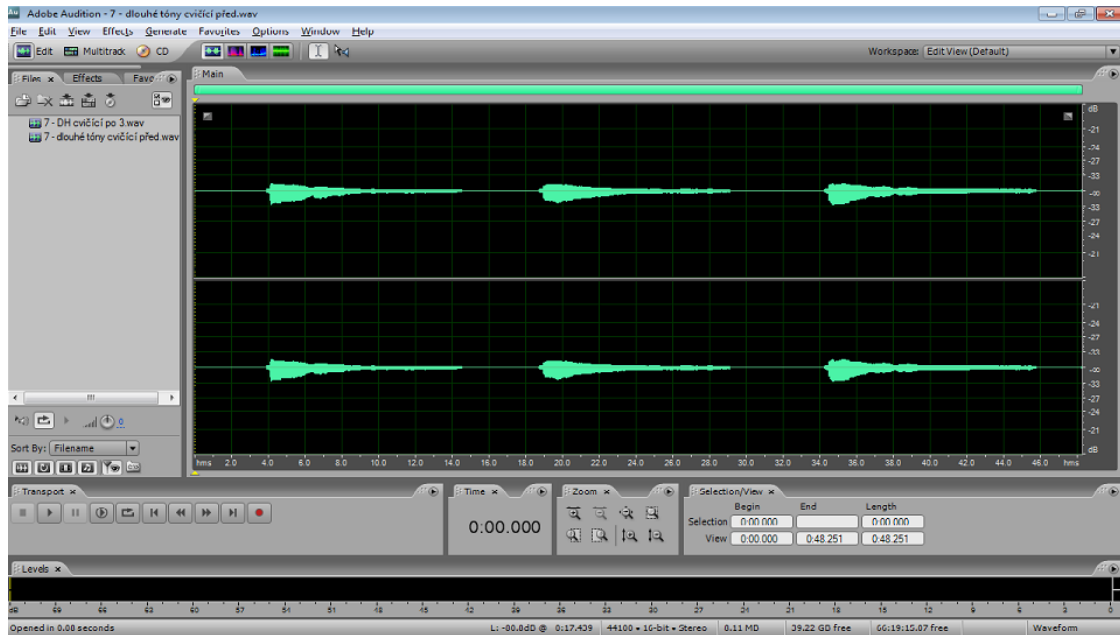
**1. úkol:** Ze záznamu byla vybrána kvazistacionární část s relativně malými změnami amplitudy, která byla dále zpracována rychlou Fourierovou transformací v prostředí programu Audacity (za použití Hammingova okna a bodové transformace 2048). Z výsledného grafického záznamu frekvenční analýzy byla odečtena základní frekvence určující výšku tónu a jeho vyšší harmonické frekvence v Hz, dále intenzity základní a harmonických frekvencí v dBFS (decibel below full scale)\* a v programu Praat byl odečten absolutní a relativní jitter (frekvenční kolísání) v  $\mu\text{s}$ , resp. v % a absolutní a relativní shimmer (amplitudové kolísání) v dB, resp. v %.

**2. úkol:** Ze záznamu každého ze tří tónů byla vybrána sekvence s vyloučením nakmitávacích a dokmitávacích procesů. V demoverzi programu Adobe Audition byla vypočítána minimální, maximální a průměrná RMS amplituda (Root – Mean – Square amplituda)\*\* této sekvence. Zároveň program Adobe Audition vypočítal délku trvání této sekvence. Nakonec byl ze všech tří tónů vypočítán aritmetický průměr délky trvání v s, minimální, maximální a průměrné amplitudy v dBFS. V programu Praat byl získán absolutní a relativní jitter v  $\mu\text{s}$ , resp v % a absolutní a relativní shimmer v dB, resp. v %.

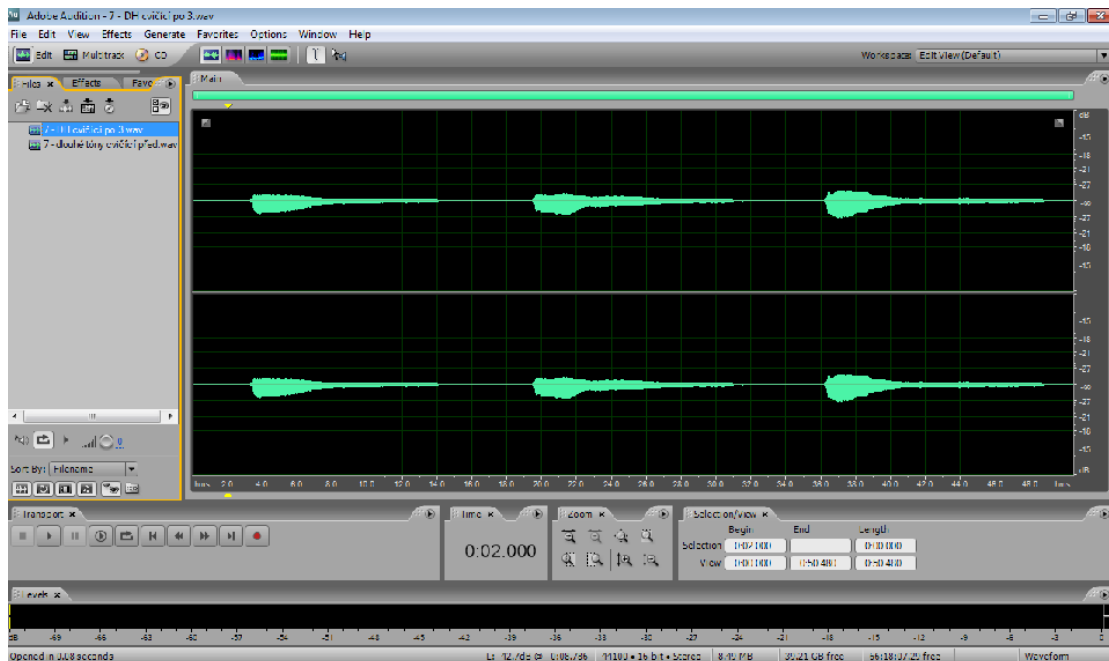
\* dBFS: Maximální možná amplituda je 0 dBFS, všechny ostatní amplitudy jsou vyjádřeny v záporných hodnotách.

\*\* RMS – amplituda představuje matematický vzorec, který se používá k určení průměrné amplitudy daného výběru audio nahrávky. Vyjadřuje vnímanou hlasitost lépe než vrchol amplitudy.

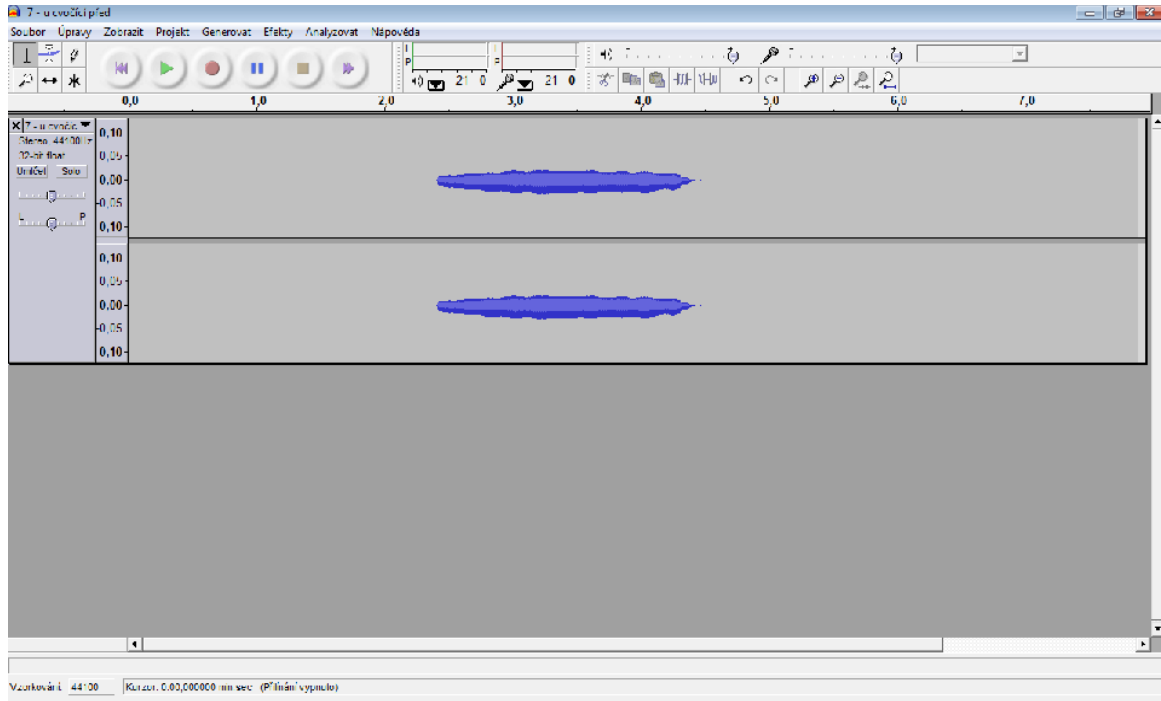
Následující obrázky jsou uvedeny pro ilustraci použitých programů.



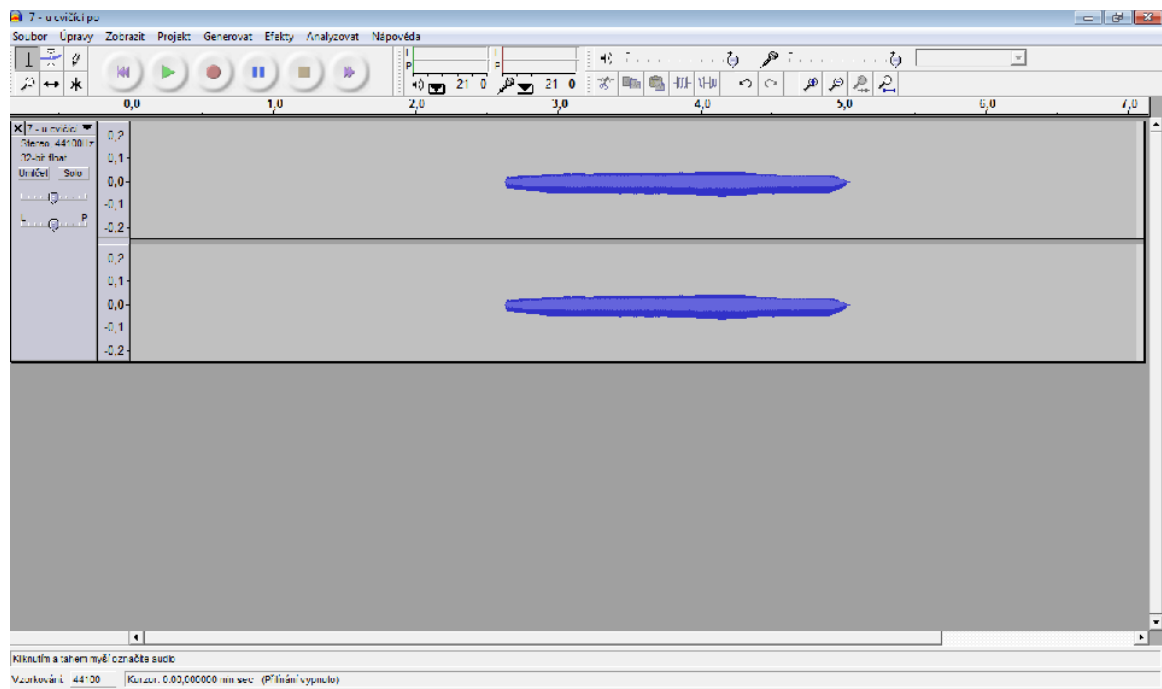
Obrázek 11. Záznam 3 po sobě jdoucích dlouhých tónů v programu Adobe audition probanda 7 výzkumné skupiny před aktivací HSS



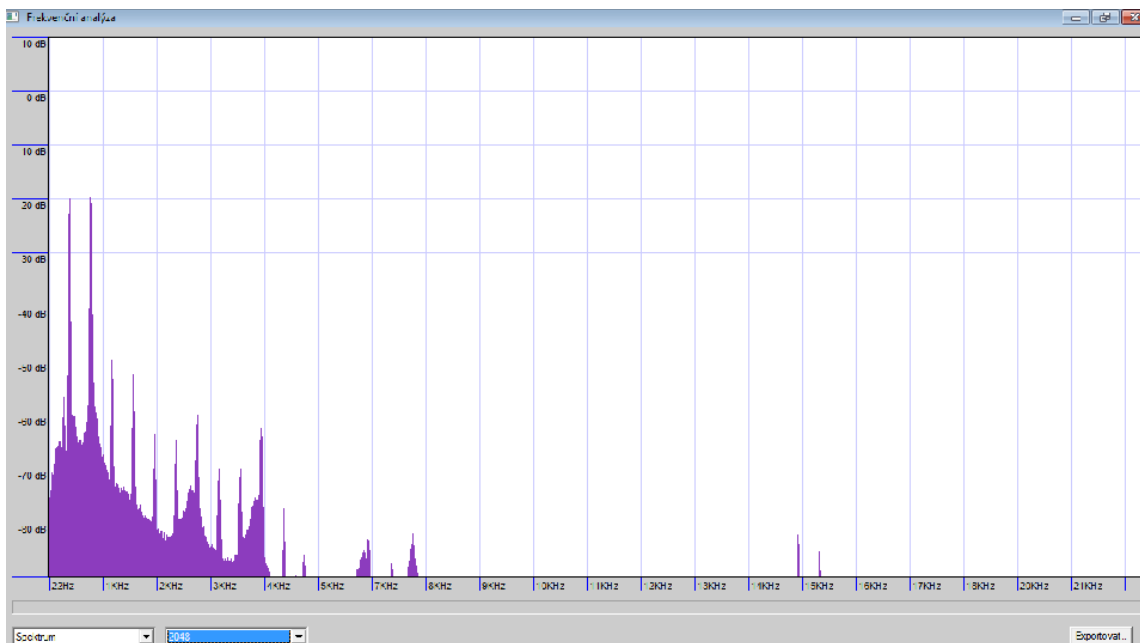
Obrázek 12. Záznam 3 po sobě jdoucích dlouhých tónů v programu Adobe audition probanda 7 výzkumné skupiny po týdenní aktivaci HSS



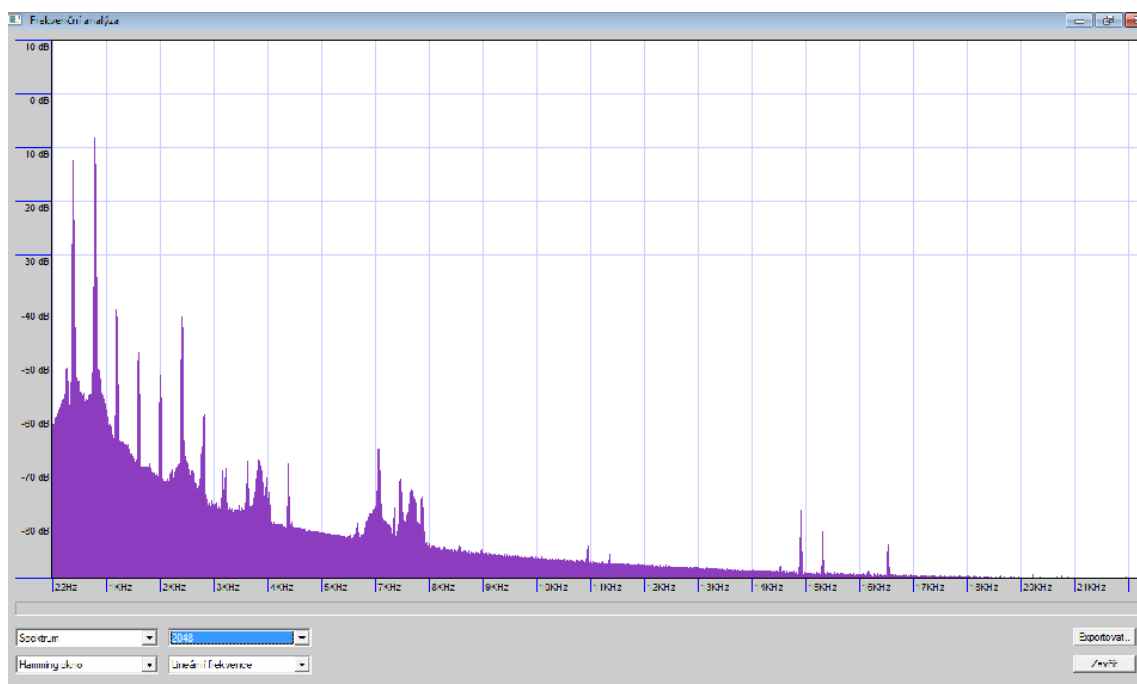
Obrázek 13. Záznam zpívaného vokálu [u:] v programu Audacity probanda 7 výzkumné skupiny před aktivací HSS



Obrázek 14. Záznam zpívaného vokálu [u:] v programu Audacity probanda 7 výzkumné skupiny po týdenní aktivaci HSS



Obrázek 15. Frekvenční analýza zpívaného vokálu [u:] v programu Audacity probanda 7 výzkumné skupiny před aktivací HSS



Obrázek 16. Frekvenční analýza zpívaného vokálu [u:] v programu Audacity probanda 7 výzkumné skupiny po týdenní aktivaci HSS

## 5 VÝSLEDKY

Tabulka 1 shrnuje výsledky vyšetření probandů výzkumné skupiny stran schopnosti zapojení HSS.

Tabulka 1. Vyšetření probandů výzkumné skupiny z hlediska schopnosti zapojení HSS (Vlastní práce)

		PROBANDI							
Projevy:		1	2	3	4	5	6	7	8
DECHOVÝ STEREOTYP	kraniokaudální pohyb sterny	++	++	-	+	+	+	+	++
	zapojení pomocných dechových svalů do nádechu	+	++	-	-	-	-	+	++
	rozšiřování dolního hrudníku a mezižeberních prostor	-	-	++	-	-	-	-	-
TEST FLEXE TRUPU	kraniální synkinéza hrudníku	+	+	-	-	-	-	-	+
	břišní diastáza	+	++	-	+	+	+	+	+
	zapojení horní porce m. rectus abdominis	+	+	+	+	+	+	+	++

## Pokračování tabulky

<b>BRÁNIČNÍ TEST</b>	<b>kraniální souhyb žeber</b>	-	+	-	-	-	+	+	+
	aktivace svalů proti odporu	+	+	++	+	++	+	+	-
	laterální rozšíření hrudníku	+	+	++	+	++	+	+	-
<b>TEST FLEXE V KYČLÍCH VLEŽE NA ZÁDECH</b>	inspirační postavení hrudníku	-	+	-	-	-	+	+	+
	hyperlordóza ThL přechodu	-	+	-	-	-	+	+	++
	zapojení horní porce m. rectus abdominis	++	++	+	++	+	++	++	++
	zapojení laterální skupiny břišních svalů	+	-	+	+	+	-	-	-

		<b>PROBANDI</b>							
<b>Projevy:</b>		<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<b>DECHOVÝ STEREOTYP</b>	kraniokaudální pohyb sterna	+	+	-	-	+	++	+	++
	zapojení pomocných dechových svalů do nádechu	+	+	-	-	+	++	+	++
	rozšiřování dolního hrudníku a mezižeberních prostor	-	-	+	+	-	-	-	-

<b>TEST FLEXE TRUPU</b>	<b>kraniální synkinéza hrudníku</b>	-	-	-	+	-	-	-	-
	břišní diastáza	-	+	+	++	+	+	-	-
	zapojení horní porce m. rectus abdominis	-	+	+	+	+	+	+	+
<b>BRÁNIČNÍ TEST</b>	kraniální souhyb žeber	-	-	-	+	-	-	-	-
	aktivace svalů proti odporu	+	+	++	+	+	+	+	+
	laterální rozšíření hrudníku	++	+	++	+	+	+	+	+
<b>TEST FLEXE V KYČLÍCH VLEŽE NA ZÁDECH</b>	inspirační postavení hrudníku	-	-	-	+	-	+	-	-
	hyperlordóza ThL přechodu	+	+	+	+	+	++	+	-
	zapojení horní porce m. rectus abdominis	+	+	+	+	+	++	+	+
	zapojení laterální skupiny břišních svalů	+	-	+	-	+	-	+	+

*Vysvětlivky:* „-“ = znak nepřítomen, „+“ = znak mírně přítomen, „++“ = znak výrazně přítomen.

### 1. úkol:

Bylo provedeno celkem 31 analýz zpívaného vokálu [u:], ze kterých byly odečteny: základní frekvence H1, prvních 10 harmonických frekvencí H2 – H11, intenzity základní a harmonických frekvencí, absolutní a relativní jitter a shimmer. Pro naměřené hodnoty 1. úkolu viz Příloha VII.

Statisticky byly naměřené hodnoty zpracovány pomocí T – testu: v rámci skupin byl použit párový T – test, pro srovnání skupin pak dvouvýběrový T – test. Vzhledem k menšímu počtu probandů byla zvolena hladina statistické významnosti  $p < 0,05$ . Výsledky shrnuje Tabulka 2.

Tabulka 2. Statistické vyhodnocení 1. úkolu (Vlastní práce)

Hledisko	Výzkumná skupina		Kontrolní skupina		Srovnání skupin	
	Rozdíl uvnitř skupiny	$p < 0,05$	Rozdíl uvnitř skupiny	$p < 0,05$	Rozdíl mezi skupinami	$p < 0,05$
H1	T = -1,884 (15)	nesig.	T = -0,309 (14)	nesig.	T = 0,573 (29)	nesig.
H2	T = -2,295 (15)	sig.	T = -0,263 (14)	nesig.	T = 0,799 (29)	nesig.
H3	T = -2,525 (15)	sig.	T = -0,394 (14)	nesig.	T = 0,801 (29)	nesig.
H4	T = -2,518 (15)	sig.	T = -0,409 (14)	nesig.	T = 0,646 (29)	nesig.
H5	T = -2,221 (15)	sig.	T = -0,325 (14)	nesig.	T = 0,691 (29)	nesig.
H6	T = -2,360 (15)	sig.	T = -0,257 (14)	nesig.	T = 0,932 (29)	nesig.
H7	T = -1,846 (15)	nesig.	T = 1,650 (14)	nesig.	T = 2,464 (29)	sig.
H8	T = -0,679 (15)	nesig.	T = 1,118 (14)	nesig.	T = 1,261 (29)	nesig.
H9	T = -2,377 (15)	sig.	T = 1,271 (14)	nesig.	T = 2,638 (29)	sig.
H10	T = -0,736 (15)	nesig.	T = 0,223 (14)	nesig.	T = 0,645 (29)	nesig.
H11	T = -1,603 (15)	nesig.	T = -0,448 (14)	nesig.	T = 0,425 (29)	nesig.



## Pokračování tabulky

Int. H1	T = -3,694 (15)	sig. (p < 0,005)	T = -0,566 (14)	nesig.	T = 2,305 (29)	sig.
Int. H2	T = -2,507 (15)	sig.	T = -0,061 (14)	nesig.	T = 2,022 (29)	nesig.
Int. H3	T = -2,417 (15)	sig.	T = -0,058 (14)	nesig.	T = 2,083 (29)	nesig.
Int. H4	T = -1,734 (15)	nesig.	T = 0,581 (14)	nesig.	T = 1,722 (29)	nesig.
Int. H5	T = -2,471 (15)	sig.	T = -0,517 (14)	nesig.	T = 1,904 (29)	nesig.
Int. H6	T = -4,587 (15)	sig. (p < 0,001)	T = -0,365 (14)	nesig.	T = 3,997 (29)	sig. (p < 0,001)
Int. H7	T = -2,793 (15)	sig.	T = 0,274 (14)	nesig.	T = 2,420 (29)	sig.
Int. H8	T = -3,024 (15)	sig. (p < 0,01)	T = -0,467 (14)	nesig.	T = 2,195 (29)	sig.
Int. H9	T = -3,408 (15)	sig. (p < 0,01)	T = -1,073 (14)	nesig.	T = 2,756 (29)	sig.
Int. H10	T = -3,144 (15)	sig. (p < 0,01)	T = 0,419 (14)	nesig.	T = 2,632 (29)	sig.
Int. H11	T = -2,408 (15)	sig.	T = -0,112 (14)	nesig.	T = 1,882 (29)	nesig.
Relat. jitter	T = 1,578 (15)	nesig.	T = 0,259 (14)	nesig.	T = -0,529 (29)	nesig.
Absolut. jitter	T = 1,742 (15)	nesig.	T = 0,378 (14)	nesig.	T = -0,362 (29)	nesig.
Relat. shimmer	T = 1,998 (15)	nesig.	T = -1,066 (14)	nesig.	T = -1,695 (29)	nesig.
Absolut. shimmer	T = 2,730 (15)	nesig.	T = -1,230 (14)	nesig.	T = -2,315 (29)	sig.

*Vysvětlivky:* H1 – H11 = harmonické frekvence, Int. H1 – H11 = intenzita harmonických frekvencí, p = hladina významnosti, T = T – hodnota získaná T – testem, sig. = statisticky významný rozdíl, nesig. = statisticky nevýznamný rozdíl

Ze statistického vyhodnocení vyplývá, že na hladině významnosti  $p < 0,05$  je signifikantní rozdíl ve frekvencích harmonických složek H7 a H9 a v intenzitách harmonických složek H1, H6, H7, H8, H9 a H10, přičemž u intenzity harmonické složky H6 je rozdíl signifikantní i na hladině významnosti  $p < 0,001$ . Z frekvenčního a amplitudového kolísání je statisticky významný rozdíl pouze u absolutního amplitudového kolísání, opět na hladině významnosti  $p < 0,05$ .

## 2. úkol:

Bylo provedeno celkem 31 analýz tří po sobě jdoucích, co nejdelších, nejhlasitějších a v komfortní poloze zazpívaných vokálů [o:], ze kterých byly odečteny: délka tónu, minimální, maximální a průměrná intenzita tónu a relativní a absolutní jitter a shimmer. Ze získaných hodnot byl proveden aritmetický průměr, se kterým se pracovalo při statistickém vyhodnocení. Pro aritmetické průměry naměřených hodnot viz Příloha VII.

Statisticky byly naměřené hodnoty zpracovány pomocí T – testu: v rámci skupin byl použit párový T – test, pro srovnání skupin pak dvouvýběrový T – test. Vzhledem k menšímu počtu probandů byla zvolena hladina statistické významnosti  $p < 0,05$ . Výsledky shrnuje Tabulka 3.

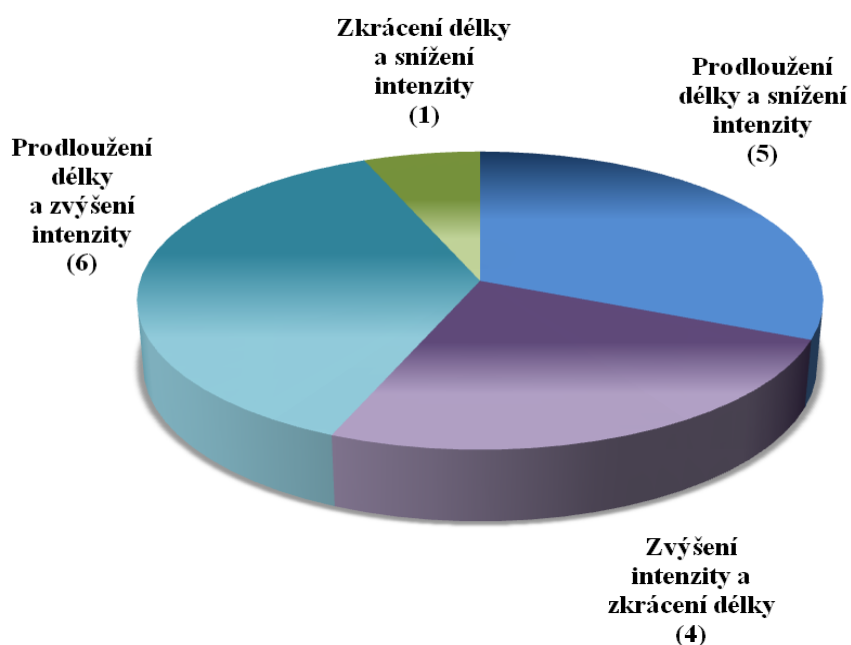
Tabulka 3. Statistické vyhodnocení 2. úkolu (Vlastní práce)

Hledisko	Výzkumná skupina		Kontrolní skupina		Srovnání skupin	
	Rozdíl uvnitř skupiny	$p < 0,05$	Rozdíl uvnitř skupiny	$p < 0,05$	Rozdíl mezi skupinami	$p < 0,05$
Délka tónu	T = -1,422 (15)	nesig.	T = 1,5 (14)	nesig.	T = 1,930 (29)	nesig. (sig. při $p < 0,1$ )
Min. RMS	T = -1,927 (15)	nesig. (sig. při $p < 0,1$ )	T = -0,415 (14)	nesig.	T = 0,704 (29)	nesig.
Max. RMS	T = -2,810 (15)	sig.	T = 0,374 (14)	nesig.	T = 2,501 (29)	sig.
Průměr. RMS	T = -1,980 (15)	nesig. (sig. při $p < 0,1$ )	T = -0,44 (14)	nesig.	T = 1,674 (29)	nesig.
Relativní jitter	T = 1,098 (15)	nesig.	T = -0,105 (14)	nesig.	T = -0,872 (29)	nesig.
Absolutní jitter	T = 1,110 (15)	nesig.	T = 0,36 (14)	nesig.	T = -0,734 (29)	nesig.
Relativní shimmer	T = 1,094 (15)	nesig.	T = 0,828 (14)	nesig.	T = -0,444 (29)	nesig.
Absolutní shimmer	T = 1,751 (15)	nesig.	T = 0,925 (14)	nesig.	T = -0,997 (29)	nesig.

*Vysvětlivky:*  $p$  = hladina významnosti, T = T – hodnota získaná T – testem, sig. = statisticky významný rozdíl, nesig. = statisticky nevýznamný rozdíl

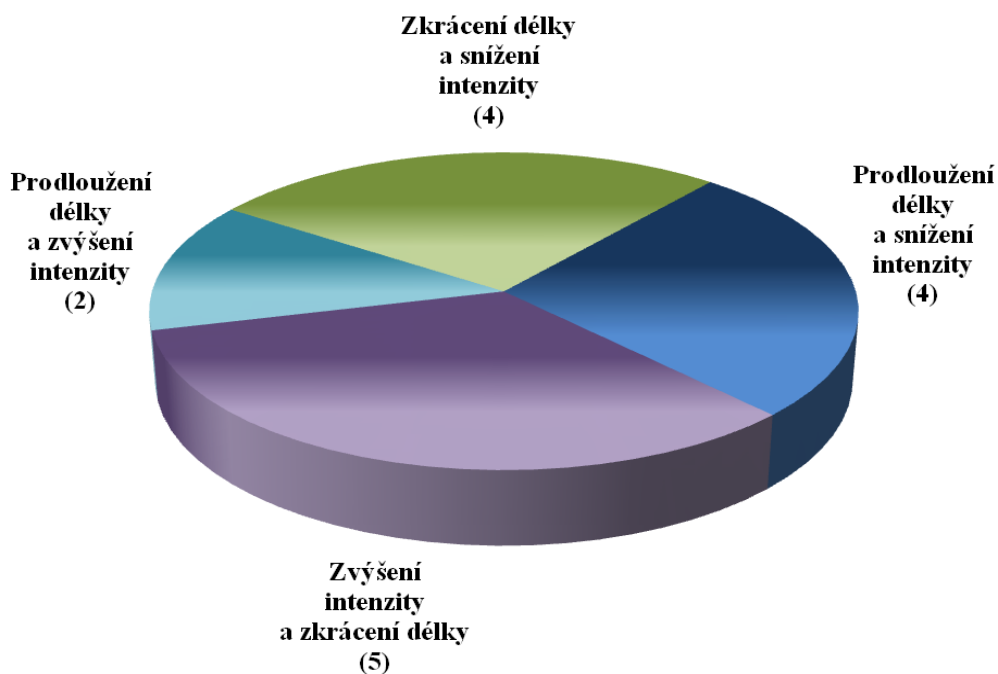
Ze statistického vyhodnocení 2. úkolu vyplývá, že na hladině významnosti  $p < 0,05$  je statisticky významný pouze rozdíl v maximální RMS – amplitudě, na hladině významnosti  $p < 0,1$  pak i v délce zpívaných tónů.

Ve 2. úkolu došlo u zpívaných tónů buď k prodloužení délky, ale zároveň ke snížení intenzity, ke zvýšení intenzity, ale zároveň ke zkrácení délky, k prodloužení délky a zároveň ke zvýšení intenzity, nebo ke zkrácení délky a zároveň ke snížení intenzity. Tyto 4 mechanismy se objevily jak u výzkumné, tak u kontrolní skupiny. Procentuální zastoupení těchto mechanismů v každé skupině shrnuje Obrázek 17 a 18.



Obrázek 17. Výzkumná skupina – procentuální zastoupení jednotlivých mechanismů.  
(Vlastní práce)

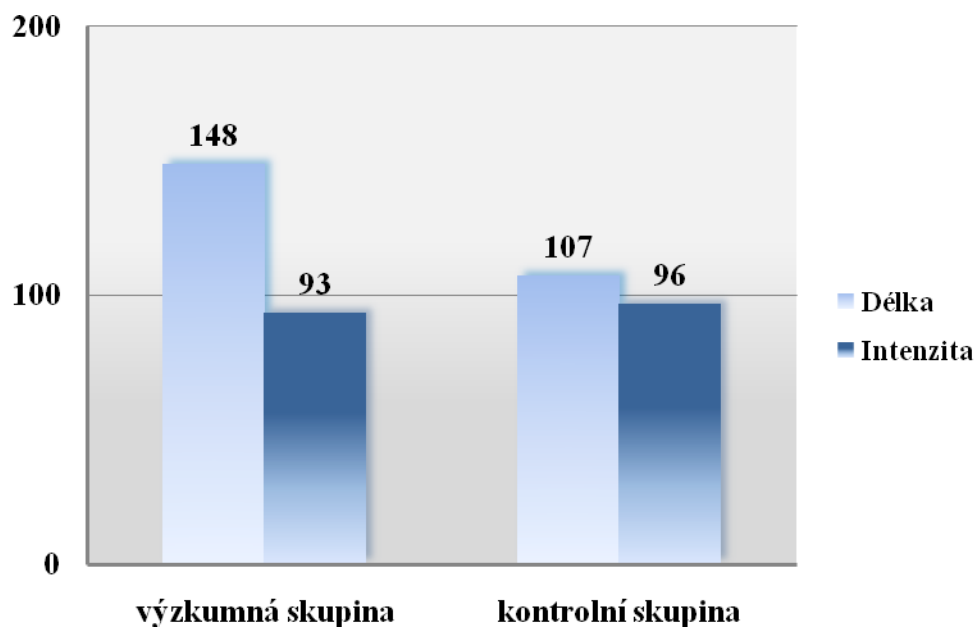
*Vysvětlivky:* Číslo v závorce představuje počet probandů.



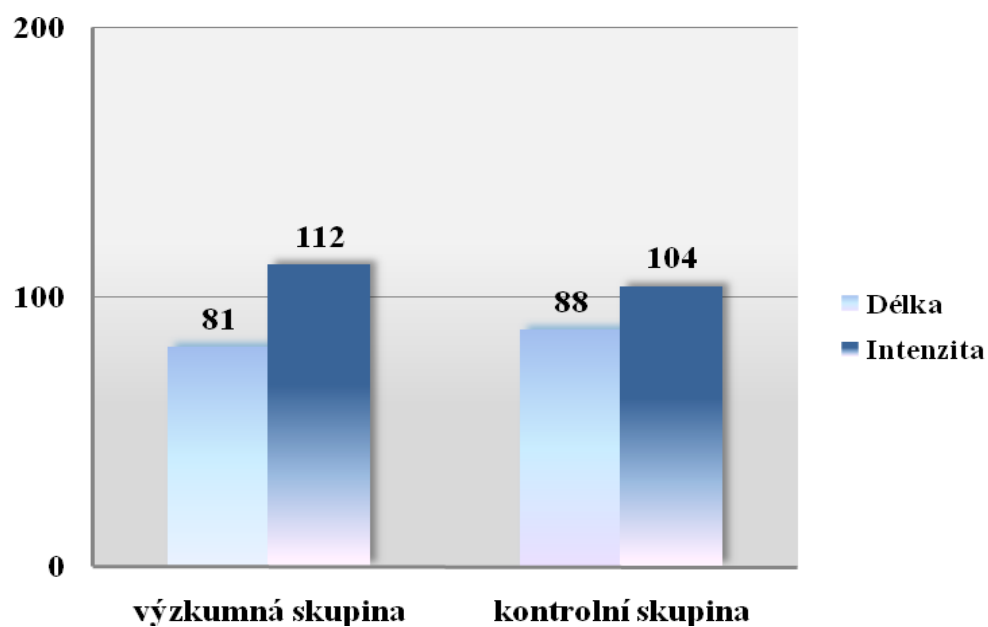
Obrázek 18. Kontrolní skupina – procentuální zastoupení jednotlivých mechanismů.  
(Vlastní práce)

*Vysvětlivky:* Číslo v závorce představuje počet probandů.

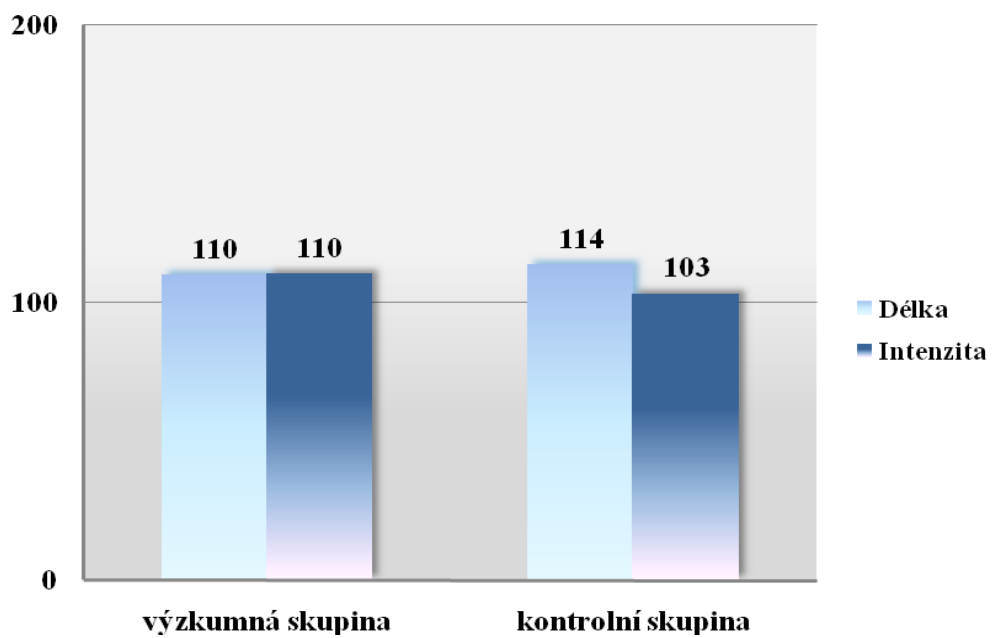
Obrázek 19, 20, 21 a 22 graficky znázorňuje průměrné zvýšení/ snížení maximální fonační doby/ intenzity (vyjádřené v procentech) u každého ze jmenovaných mechanismů jak u výzkumné, tak u kontrolní skupiny.



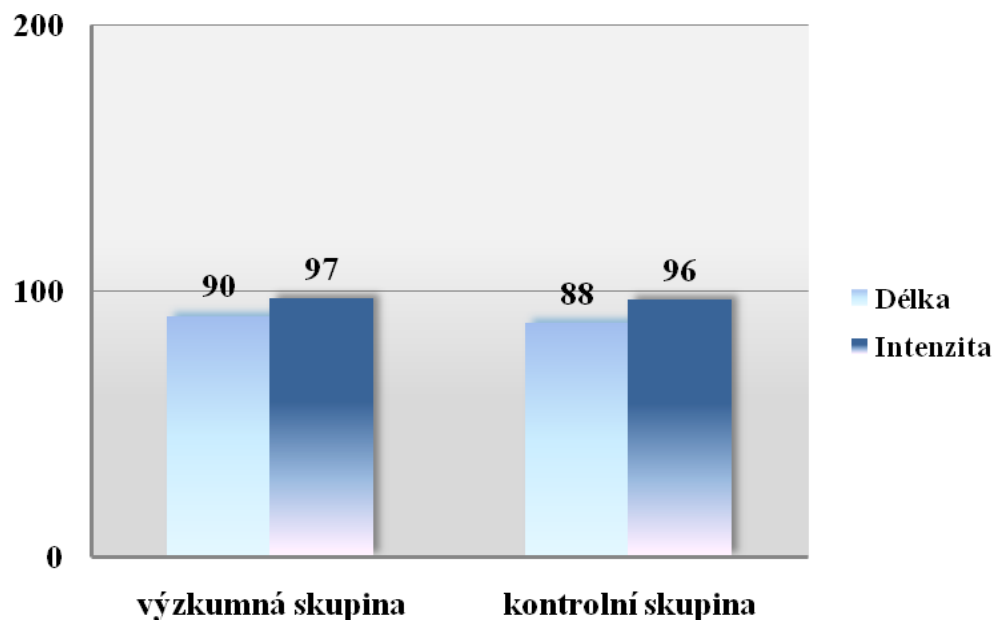
Obrázek 19. Mechanismus „prodloužení délky a snížení intenzity“ (Vlastní práce)



Obrázek 20. Mechanismus „zkrácení délky a zvýšení intenzity“ (Vlastní práce)



Obrázek 21. Mechanismus „prodloužení délky a zvýšení intenzity“ (Vlastní práce)



Obrázek 22. Mechanismus „zkrácení délky a snížení intenzity“ (Vlastní práce)

### **Výsledky testování hypotéz:**

- Hypotéza 1 (Aktivace HSS bude mít vliv na změnu frekvence jednotlivých harmonických složek tónu.): Hypotéza se potvrzuje. *Aktivace HSS měla vliv na změnu H7 a H9 na hladině významnosti  $p < 0,05$ .*
- Hypotéza 2 (Aktivace HSS bude mít vliv na změnu intenzity jednotlivých harmonických složek tónu.): Hypotéza se potvrzuje. *Aktivace HSS měla vliv na změnu intenzity H1 a H6 – H10 na hladině významnosti  $p < 0,05$ .*
- Hypotéza 3 (Již po krátké aktivaci HSS dojde k prodloužení maximální fonační doby.): Hypotéza se potvrzuje. *V důsledku aktivace HSS došlo k prodloužení maximální fonační doby na hladině významnosti  $p < 0,1$ .*
- Hypotéza 4 (Již po krátké aktivaci HSS dojde ke zvýšení intenzity zpívaného tónu.): Hypotéza se potvrzuje. *V důsledku aktivace HSS došlo ke zvýšení maximální intenzity zpívaného tónu na hladině významnosti  $p < 0,05$ .*
- Hypotéza 5 (Aktivace HSS sníží frekvenční a amplitudové kolísání krátkého i dlouhého zpívaného tónu.): Hypotéza se potvrzuje. *V důsledku aktivace HSS došlo ke snížení absolutní hodnoty amplitudového kolísání krátkého tónu na hladině významnosti  $p < 0,05$ .*

## 6 DISKUZE

Harmonické frekvence složeného tónu vznikají jako drobné přídavné kmity na izolovaných okrscích hlasivek. Při průchodu supraglottickým traktem jsou pak některé harmonické frekvence zesilovány, jiné naopak utlumeny, což je dáno anatomickým utvářením supraglottického traktu. I malé změny v konfiguraci těchto struktur mohou mít za následek značné změny kvality hlasu. Na tvar supraglottických dutin má vliv i držení těla a svalové napětí. Určité změny můžeme pozorovat při rozložení váhy těla přes zánoží, které mění zapojení břišních a zádočných svalů do své funkce natolik, že ve svém důsledku nepříznivě ovlivňuje hlas. Dále zvýšené napětí svalů paže a pletence ramenního způsobuje zvýšené napětí svalů krku, které následně nepříznivě ovlivňuje funkci hrtanu. Pro fonaci je nezbytné správné postavení hlavy a krční páteře, jejichž negativní změny mají samozřejmě vliv i na napětí svalů krku, které se slyšitelně projeví v kvalitě hlasu (např. při protrakci hlavy). Jakékoli změny narušující optimální předozadní postavení krční páteře navíc nepříznivě ovlivňují přesnou kontrolu vzduchového proudu a tlaku vzduchu působícího ve vokálním traktu při fonaci. Z výše uvedeného vyplývá, že pro dobrou hlasovou techniku je důsledná kontrola svalového napětí zásadní. Zpěvák si nemůže dovolit plýtvat energií na špatné držení těla (Bunch Dayme, 2009; Johnson & Skinner, 2009; Sataloff, Heman – Ackah & Hawkshaw, 2007).

Při aktivaci HSS, vědomém zapojení bránice a hlubokých břišních svalů, se mění nejen mechanika dýchání, ale i držení těla, poněvadž respirační a posturální funkce svalů od sebe nelze oddělovat: změna respirační funkce se projeví v posturální a naopak změna posturální funkce se projeví v respirační. Při aktivaci HSS se pacienti učí i vědomému správnému držení těla, které pozitivně ovlivňuje svalové napětí. Uvolnění svalů pletenců ramenních a svalů krku se v kvalitě hlasu projeví na první poslech. Např. při protrakci hlavy dochází k dočasné deformaci supraglottických dutin, svou funkci rezonátoru tedy nemohou ideálně vyplnit, což vnímáme pouhým uchem jako méně znělý, někdy až „škracený“ hlasový projev. Naopak při správném postavení hlavy a krční páteře dojde k „rozvinutí“ supraglottických dutin, mohou tedy zesilovat určité harmonické složky tónu a takový tón pak vnímáme jako plný, měkký, libozvučný.



## 1. úkol:

Po jednotýdenní aktivaci HSS došlo k určitým změnám harmonických frekvencí a jejich intenzit jak u výzkumné, tak u kontrolní skupiny. Tyto změny mohou být do značné míry zapříčiněny tím, že člověk není stroj, jeho projev nebude nikdy při opakování identický, ať už z důvodu psychického rozpoložení, únavy nebo emocí, které se na hlasovém projevu podepisují. U výzkumné skupiny, kde tyto změny byly výraznější, lze tento fakt přisuzovat také aktivaci HSS.

Griffin, Woo, Colton, Casper & Brewer (1995) ve své práci uvádí při vědomém zapojení bránice do hlasového projevu významné snížení 4. harmonické frekvence jak u žen, tak u mužů, a snížení 2. harmonické frekvence pouze u mužů. V této práci se zase statisticky významně lišila výška 7. a 9. harmonické frekvence. Navíc zde nebyla zaznamenána tendence, že by se určitá harmonická frekvence zvýšila, jiná naopak snížila, tendence byla spíše taková, že se všechny vyšší harmonické frekvence po aktivaci HSS buď zvýšily, nebo naopak snížily (i když tak tomu nebylo ve 100 % případech).

Je tedy otázkou, zda ke změnám odlišných harmonických frekvencí došlo na základě vysloveně lidského faktoru nebo např. odlišného způsobu zapojení svalů ovlivňujících hlasový projev. Lidským faktorem je myšleno, že zde mohlo sehrát roli psychické rozpoložení, únava, ale i nedokonalé ladění základní frekvence. Co se týče odlišného zapojení svalů ovlivňujících hlasový projev, v této práci byli probandi vedeni k zapojení bránice v koaktivaci s hlubokými břišními a zádonými svaly a svaly pánevního dna, zatímco ve výše zmiňované práci byli probandi vedeni jen k vědomému zapojení bránice.

Každopádně je důležité uvést, že i při jednoduchém testu (analýza 3 bezprostředně po sobě zazpívaných, asi 2 s trvajících tónů stejné výšky) došlo k rozptylu harmonických složek tónu o 20 Hz i více, takže změny harmonických frekvencí by se asi měly přisuzovat spíše lidskému faktoru.

U intenzit jednotlivých harmonických složek tónu bylo statisticky významných rozdílů více, konkrétně se jednalo o intenzity H1 a H6 – H10. Zde by se již dalo více uvažovat o vlivu hlubokých stabilizačních svalů a správného držení těla, neboť jak již bylo řečeno výše, při snížení nepříznivého svalového napětí v oblasti ramen a krku a při odstranění nežádoucího držení hlavy a krční páteře dochází ke změně tvaru supraglottických dutin a k jejich plnému uplatnění jakožto rezonátoru. Podobné výsledky prezentoval i Thorpe, Cala, Chapman & Davis (2001), kdy při zapojení břišních svalů jakožto hlasové opory došlo k významnému zvýšení intenzity harmonických složek tónu v oblasti 2 – 4 kHz

oproti oblasti 0 – 2 kHz. Oblast 2 – 4 kHz odpovídá právě 6. – 10. harmonické složce vokálu [u] o frekvenci 440 Hz, použité v této práci.

## **2. úkol:**

Aktivace bránice v koaktivaci s m. transversus abdominis a svaly pánevního dna má za následek efektivnější práci s dechem, která se může projevit buď delší fonační dobou, nebo zvýšením tlaku výdechového proudu vzduchu (a tedy zvýšením intenzity zpívaného tónu), nebo kombinací obojího. Jak uvádí např. Griffin, Woo, Colton, Casper & Brewer (1995), při vědomém zapojení bránice do hlasového projevu došlo k signifikantnímu zvýšení proudu vzduchu z plic a tedy i ke zvýšení intenzity hlasu. Ke stejnému závěru došli i Mendes, Rothman, Sapienza & Brown, Jr. (2003), kteří prováděli dlouhodobý výzkum na studentech zpěvu. Součástí jejich výuky byla cvičení na zlepšení síly a koordinace inspiračních a expiračních svalů. Autoři zjistili, že s počtem absolvovaných semestrů se zvyšuje jak hlasový rozsah, tak intenzita hlasového projevu studentů.

U probandů jak výzkumné, tak kontrolní skupiny se objevily všechny tři výše zmiňované mechanismy práce s dechem. U některých jedinců ale došlo jak ke zkrácení délky, tak ke snížení intenzity hlasového projevu, což ale spíš než s aktivací HSS souvisí s trémou, únavou nebo i zdravotním stavem.

Při zvýšení maximální fonační doby dochází zpravidla ke snížení intenzity, které by ale nemělo být nijak markantní. Stejně ke zvýšení intenzity dochází na úkor délky zpívaného tónu. Třetí, u výzkumné skupiny nejčastější mechanismus, spočíval jak v prodloužení maximální fonační doby, tak ve zvýšení průměrné intenzity zpívaného tónu, přičemž zvýšení těchto parametrů bylo téměř identické. Jen u jednoho probanda výzkumné skupiny nastala situace, kdy došlo jak ke zkrácení maximální fonační doby, tak ke snížení intenzity, možné důvody jsou uvedeny výše.

Z důvodu efektivnější práce s dechem a tedy lepšího, vědomě řízeného výdechového proudu vzduchu po aktivaci HSS by se dalo usuzovat na zmenšení amplitudového kolísání při zpěvu. Ze stejného důvodu by se dalo uvažovat i o zmenšení frekvenčního kolísání v průběhu drženého tónu, k čemuž určitou měrou přispěje i zmírnění napětí svalů krku. Tyto dvě domněnky ovšem potvrzeny nebyly, jen s jednou výjimkou: absolutní amplitudové kolísání u krátkého tónu, zpívaného vokálu [u:]. I zde ovšem mohly hrát roli aspekty typu emoce, únava.

Pro zlepšení kvalit jak jednotlivých zpěváků, tak i celého sboru by bylo evidentně užitečné v tréninku hlubokých stabilizátorů pokračovat. Naučí se tak cíleněji využívat dech, resp. cíleně regulovat výdechový proud vzduchu při zpěvu, osvojí si všechny tři mechanismy práce s dechem. Prodloužení dechové výdrže eliminuje počet nádechů, které, pokud jich je nadbytek a jejich technika není dobře zvládnutá, na posluchače působí rušivým dojmem. U většiny amatérských sborů můžeme pozorovat typické nadechování do horního hrudníku s elevací ramen, za účelem dostat do plic co nejvíce vzduchu za co nejkratší dobu. Což nepůsobí ani esteticky dobře. Při aktivaci hlubokých stabilizátorů dojde k rozvinutí hrudníku i do dalších směrů, než jen nahoru. Výsledkem je hlubší nádech s větším objemem nasátého vzduchu do plic, což působí navíc esteticky i akusticky lépe, než „zběsilá honba za kyslíkem“. Během výdechu regulovaného aktivitou hlubokých stabilizátorů, zejména břišních svalů, pak zpěváci využijí jednu ze strategií práce s dechem. Při zpěvu „piano“ mohou využít strategii „prodloužení délky na úkor intenzity“. Při zpěvu forte, plným, zvučným hlasem je to strategie „zvýšení intenzity na úkor délky“. Obecně nejužívanější strategií ve sborovém zpěvu ale bude strategie „prodloužení délky zpívaného tónu a zároveň zvýšení jeho intenzity“. Dobře zvládnutá práce s dechem se dále projeví při postupných změnách dynamiky, jakými jsou crescendo (zesilování např. z piana do forte), aniž by se zpěvák musel bát, zda na konci fráze bude stačit s dechem, nebo naopak decrescendo (zeslabování např. z forte do piana), které vyžaduje ještě delikátnější práci s dechem, aby toto zeslabování bylo plynulé.

Amatérští zpěváci mívají ještě další nedostatek: způsob fonace. Při hlasitém zpěvu ve vyšší poloze mají tendenci k tvrdému nasazení a „tlačené“ fonaci, kterou se výrazně namáhají hlasivky. Po dostatečném kaudálním sestupu bránice při nádechu (a tedy větším množstvím vzduchu nasátém do plic) může zpěvák vyvinout silnější výdechový proud vzduchu. Hlasivky pak nemusí být v tak velkém napětí pro dosažení požadované výšky a intenzity tónu.

V průběhu dlouhodobého tréninku hlubokých stabilizátorů by zřejmě došlo ke snížení amplitudového kolísání i u dlouhých tónů v důsledku regulovaného výdechového proudu, což může být předmětem dalšího výzkumu.

## 7 ZÁVĚRY

Po týdenní aktivaci HSS došlo v prvním úkolu k významným změnám 7. a 9. harmonické frekvence, intenzity 1. a 6. – 10. harmonického frekvence a absolutního amplitudového kolísání.

Ve druhém úkolu došlo k signifikantnímu zvýšení pouze u maximální intenzity (zvýšení minimální a průměrné intenzity bylo signifikantní pouze v rámci výzkumné skupiny a to na hladině významnosti  $p < 0,1$ ). Prodloužení délky trvání zpívaných tónů bylo méně významné (při  $p < 0,1$ ). Na frekvenční a amplitudové kolísání u dlouhých tónů aktivace HSS výrazný vliv neměla.

## 8 SOUHRN

Hlas vzniká rozkmitáním hlasivek vzduchovým proudem vycházejícím z plic. Frekvence kmitání hlasivek udává základní frekvenci tónu, tedy jeho výšku, vyšší harmonické frekvence vznikají jako přídavné kmity na izolovaných okřescích hlasivek. Při průchodu rezonančními dutinami jsou některé harmonické frekvence zesilovány, jiné utlumovány, čímž vzniká charakteristické zbarvení hlasu.

Práce se zabývala otázkou, zda aktivace hlubokého stabilizačního systému (obecně koaktivace bránice, hlubokých břišních a zádočných svalů a svalů pánevního dna) nějakým způsobem ovlivní hlasový projev, konkrétně jeho maximální délku, intenzitu, výšku jednotlivých harmonických frekvencí a jejich intenzitu, případně frekvenční a amplitudové kolísání.

Výzkumu se zúčastnilo 31 probandů, členů amatérského pěveckého sboru, (16 ve výzkumné skupině, věkový průměr 25,63 let; 15 v kontrolní skupině, věkový průměr 24,93 let), kteří měli dva pěvecké úkoly – zazpívat asi 2 s trvajícím vokál [u:] o frekvenci 440 Hz, resp. 220 Hz a 3 po sobě jdoucí tóny, co nejdelší a nejhlasitější, na vokál [o:] v komfortní poloze, kterou si každý proband zvolil sám. Probandi výzkumné skupiny byli vyšetřeni z hlediska schopnosti zapojení HSS a zaučení, jak aktivovat HSS podle cvičební jednotky, kterou dostali v tištěné podobě. Po týdenní aktivaci HSS pak zazpívali zmíněné pěvecké úkoly znovu. Kontrolní skupina tyto úkoly zazpívala také po týdně, samozřejmě bez cvičení. Jednotlivé úkoly byly pomocí mikrofону a zvukové karty zaznamenány a uloženy do notebooku, kde byly následně analyzovány. Pro záznam byla zvolena demoverze programu Adobe audition, pro analýzu pak kromě tohoto programu ještě program Audacity a Praat.

Srovnání jednotlivých parametrů a statistické zpracování ukázalo, že již krátkodobá aktivace HSS měla vliv zejména na maximální intenzitu hlasového projevu, méně pak na maximální fonační dobu. Jako statisticky významná se jeví i změna 7. a 9. harmonické frekvence, intenzity 1. a 6. – 10. harmonické frekvence a změna absolutního amplitudového kolísání u krátkého tónu.

## SUMMARY

Voice is produced when vocal folds are made to oscillate by air flowing from the lungs. The frequency of vocal folds oscillations determines the fundamental frequency of the tone, i.e. how high it is. Harmonic frequencies result from additional oscillations generated on isolated areas of vocal folds. Some harmonic frequencies are accentuated or diminished as they pass through the resonating structures of the vocal tract thus creating the characteristic timbre of the voice.

The aim of the work was to find out if activation of deep stabilizing muscles (generally speaking, the co-activation of the diaphragm, the deep abdominal and back muscles, and muscles of the pelvic floor) can influence, in any way, the voice production, or, to be more precise, its maximum length, intensity, pitch in different harmonic frequencies and their intensity, and ultimately also the stability of frequency and amplitude variations.

Altogether 31 probands, members of an amateur choir, participated in the research (16 in the study group; average age 25.63, and 15 in a control group; average age 24.93). They were given two tasks: to sing about a 2s lasting vowel [u:] at a frequency of 440 Hz (women), or 220 Hz (men) and 3 subsequent tones, as long and loud as possible, to the vowel [o:] in a comfortable pitch, chosen by each proband themselves. Probands from the study group were examined for their ability of involving the deep stabilizing muscles and then trained to activate the deep stabilizing muscles following a printed version of a training unit, which each of them was given. After activating the deep stabilizing muscles for one-week, they were asked to sing the tasks again. The control group, not involved in the exercises, also performed the tasks after one week. Using a microphone and an audio card, the tasks were recorded and loaded into a notebook to be analysed. A demo-version of the Adobe audition program was used for the recoding, plus the Audacity and Praat programs for the analysis.

A comparison of parameters and statistical analysis showed that already a short – term deep stabilizing muscles' activation namely influenced the maximum intensity of voice production, while the maximum phonation time was less affected. The change in the seventh and ninth harmonic frequencies, the intensity of the first and sixth to tenth harmonic frequencies and the change in absolute amplitude variation appear to be statistically significant.

## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

Bonilha, A. G., Onofre, F., Vieira, M. L., Prado, M. Y. A. & Baddini Martinez, J. A. (2009). Effects of singing classes on pulmonary function and quality of life of COPD patients. *International Journal of COPD*, 4, 1 – 8. Retrieved 25. 1. 2011 from the World Wide Web: <http://www.dovepress.com/effects-of-singing-classes-on-pulmonary-function-and-quality-of-life-o-a2651>.

Bunch Dayme, M. (2009). Dynamics of the singing voice. Chap. 6: Posture and breathing for singing, 56 – 88. Retrieved 11. 1. 2010 from the World Wide Web: <http://www.springerlink.com/content/978-3-211-88728-8/#section=99833&page=1>.

Camponês do Brasil, O. de O., Yamasaki, R. & de Souza Leão, S. H. (2005). Proposal of measurement of vertical larynx position at rest. *Revista Brasileira De Otorrinolaringologia*, 71(3), 313 – 317. Retrieved 20. 1. 2011 from the World Wide Web: [http://www.scielo.br/pdf/rboto/v71n3/en\\_a08v71n3.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rboto/v71n3/en_a08v71n3.pdf).

Critchley, D. (2002). Instructing pelvic floor contraction facilitates transversus abdominis thickness increase during low – abdominal hollowing. *Physiotherapy Research International*, 7(2), 65 – 75. Retrieved 20. 1. 2010 from the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=85936db1-fba7-466c-9eaf-b3d51d97acfd%40sessionmgr13&vid=2&hid=19>.

Čihák, R. (2001). Anatomie 1. Praha: Grada.

Čihák, R. (2002). Anatomie 2. Praha: Grada.

Dokládál, M. & Páč, L. (1991). Anatomie člověka I. Pohybový systém. Brno: Masarykova univerzita.

Dokládál, M. & Páč, L. (2000). Anatomie člověka II. Splanchnologie a cévní systém. Brno: Masarykova univerzita.

Dylevský, I. (2009). Kineziologie. Základy strukturální kineziologie. Praha: Triton.

Geist, B. (2005). Akustika. Jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi. Praha: Muzikus.

Gilániová, T. (2009). Analýza náhradních zdrojových hlasů po laryngektomii (po odstranění hlasivek). Diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Brno. Retrieved 2. 4. 2011 from the World Wide Web: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=18784](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=18784).

Griffin, B., Woo, P., Colton, R., Casper, J. & Brewer, D. (1995). Physiological Characteristics of the Supported Singing Voice. A Preliminary study. *Journal of Voice*, 9(1), 45 – 56. Retrieved 20. 3. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com>

Grim, M. & Druga, R. (2001). Základy anatomie. 1. Obecná anatomie a pohybový systém. Praha: Galén.

Heman – Ackah, Y. D. (2005). Physiology of voice production: Considerations for the vocal performer. *Journal of Singing*, 62(2), 173 – 186. Retrieved 3. 10. 2010 from the World Wide Web: <http://www.phillyent.com/pdf/physiologyofvoiceproduction.pdf>.

Hodges, P. W., Butler, J. E., McKenzie, D. K. & Gandevia, S. C. (1997). Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. *Journal of Applied Physiology*, 505.2, 539 – 548. Retrieved 20. 1. 2010 from the World Wide Web: [http://jp.physoc.org/content/505/Pt\\_2/539.full.pdf](http://jp.physoc.org/content/505/Pt_2/539.full.pdf).

Hodges, P. W., Gandevia, S. C. & Richardson, C. A. (1997). Contractions of specific abdominal muscles in postural tasks are affected by respiratory maneuvers. *Journal of Applied Physiology*, 83, 753 – 760. Retrieved 20, 1. 2010 from the World Wide Web: <http://jap.physiology.org/content/83/3/753.full.pdf>.

Hodges, P. W. & Gandevia, S. C. (2000). Changes in intra – abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *Journal of Applied Physiology*, 89, 967 – 976. Retrieved 20. 1. 2010 from the World Wide Web: <http://www.portalsaudebrasil.com/artigospsb/pilat062.pdf>.

Hong, K. H., Kim, H. K., Kim & Y. H. (2001). The Role of the Pars Recta and Pars Oblique of Cricothyroid Muscle in Speech Production. *Journal of Voice*, 15(4), 512 – 518. Retrieved 23. 1. 2011 from the World Wide Web: [http://www.nbri.or.kr/journal\\_papers/journal.of.voice\\_15\\_512-518.pdf](http://www.nbri.or.kr/journal_papers/journal.of.voice_15_512-518.pdf).



Hrazdira, I. & Mornstein, V. (2001). *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. Brno: Neptun.

Hurme, P. & Sonninen, A. (n. d.). Vertical and Sagittal Position of Larynx in Singing. Retrieved 3. 12. 2010 from the World Wide Web: <http://users.jyu.fi/~hurme/Sthlm.html>.

Johnson, G. & Skinner, M. (2009). The demands of professional opera singing on cranio – cervical posture. *European Spine Journal*, 18, 562 – 569. Retrieved 20. 1. 2011 from the World Wide Web: <http://www.springerlink.com/content/r83136q520407046/fulltext.pdf>.

Kapandji, I. A. (1974). *Physiology of the joints: The trunk and the Vertebral Column*, Volume 3. Churchill Livingstone.

Kolář, P. (2007). Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce páteře – terapie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1, 3 – 17.

Kolář, P. & Lewit, K. (2005). Význam hlubokého stabilizačního systému v rámci vertebrogenních obtíží. *Neurologie pro praxi*, 5, 270 – 275. Retrieved 9. 10. 2010 from the World Wide Web: <http://www.solen.cz/pdfs/neu/2005/05/10.pdf>.

Kolář, P. et al. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.

Krčmová, M. (2009). *Fonetika a fonologie [Výuková pomůcka]*. Brno: Masarykova univerzita. Retrieved 10. 12. 2009 from the World Wide Web: [http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/ff/ps09/fonetika/tisk\\_2009/Fonetika\\_a\\_fonologie\\_logo.pdf](http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/ff/ps09/fonetika/tisk_2009/Fonetika_a_fonologie_logo.pdf).

Kučera, M., Frič, M. & Halíř, M. (2010). *Praktický kurz hlasové rehabilitace a reedukace*. Opocno. Retrieved 12. 12. 2010 from the World Wide Web: <http://www.hlascentrum.cz/skriptumOpocno.pdf>.

Lederman, E. (2010). The myth of core stability. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 14, 84 – 98. Retrieved 22. 3. 2011 from the World Wide Web: <http://www.osteohhealing.com.au/Lederman%202010-%20Myth%20of%20Core%20Stability.pdf>.

Lejska, M. (2008). Spektrální analýza v objektivním hodnocení kvality hlasu. Příspěvek na Podzimním celostátním foniatrickém semináři, Brno. Retrieved 2. 4. 2011 from the World Wide Web: <http://www.audiofon.cz/odborna-innost-pracovit/pednaky/39-spektralni-analyza-v-objektivnim-hodnoceni-kvality-hlasu-.html>.

Lord, V. M., Cave, P., Hume, V. J., Flude, E. J., Evans, A., Kelly, J. L., Polkey, M. I. & Hopkinson, N. S. (2010). Singing teaching as a therapy for chronic respiratory disease – a randomised controlled trial and qualitative evaluation. Retrieved 26. 2. 2011 from the World Wide Web: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1471-2466-10-41.pdf>.

Loucks, T. M. J., Poletto, Ch. J., Simonyan, K., Reynolds, C. L. & Ludlow, Ch. L. (2007). Human Brain Activation during Phonation and Exhalation: Common Volitional Control for Two Upper Airway Functions. *Neuroimage*, 36(1), 131 – 143. Retrieved 10. 12. 2010 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com>

Ludlow, Ch. L. (2005). Central nervous system control of the laryngeal muscles in humans. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 147(2 – 3), 205 – 222. Retrieved 12. 12. 2010 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com>

Mendes, A. P., Rothman, H. B., Sapienza, Ch. & Brown, W. S., Jr. (2003). Effects of Vocal Training on the Acoustic Parameters of the Singing Voice. *Journal of Voice*, 17(4), 529 – 543. Retrieved 20. 3. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com>

Pabst, F. & J. Sundberg (1992). Tracking multi – channel electroglottograph measurement of larynx height in singers. *Department for Speech, Music and Hearing – Quarterly Progress and Status Report*, 33,(2–3), 67 – 78. Retrieved 10. 1. 2011 from the World Wide Web: [http://www.speech.kth.se/prod/publications/files/qpsr/1992/1992\\_33\\_2-3\\_067-078.pdf](http://www.speech.kth.se/prod/publications/files/qpsr/1992/1992_33_2-3_067-078.pdf).

Panjabi, M. M. (1992). The Stabilizing System of the Spine. Part II. Neutral Zone and Instability Hypothesis. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 5(4), 390 – 397. Retrieved 8. 12. 2009 from the World Wide Web: [http://www.appliedspine.com/Medical-Professionals-and-Physicians/White-Papers/The\\_stabilizing\\_system\\_of\\_the\\_spine\\_part\\_2.pdf](http://www.appliedspine.com/Medical-Professionals-and-Physicians/White-Papers/The_stabilizing_system_of_the_spine_part_2.pdf).

Pešák, J. (2005). K fyziologii lidského hlasu In Čunderle, M., Slavíková, E. (Eds.), Hlas, mluva, řeč (pp. 109 – 120). Praha: Akademie múzických umění. Retrieved from the World Wide Web: <http://www.damu.cz/umeni-veda-vyzkum/ustavy/ustav-pro-vyzkum-a-studium-autorskeho-herectvi/publikace/Hlas%20mluva%20rec.pdf/view>.

Poletto, Ch. J., Verdun, L. P., Strominger, R. & Ludlow, Ch. L. (2004). Correspondence between Laryngeal Vocal Fold Movement and Muscle Activity during Speech and Non-Speech Gestures. *Journal of Applied Physiology*, 97(3), 858 – 866. Retrieved 12. 1. 2011 from the World Wide Web: <http://jap.physiology.org/content/97/3/858.full.pdf+html>.

Putz, R. & Pabst, R. (Eds.). (2007a). Sobottův atlas anatomie člověka. Díl 1: Hlava, krk, horní končetina. (Grim, M. et al., Trans). (22nd ed.). Praha: Grada Publishing, a. s. (Original work published 2006)

Putz, R. & Pabst, R. (Eds.). (2007b). Sobottův atlas anatomie člověka. Díl 2: Trup, vnitřní orgány, dolní končetina. (Grim, M. et al., Trans). (22nd ed.). Praha: Grada Publishing, a. s. (Original work published 2006)

Sataloff, R. T., Heman – Ackah, Y. D. & Hawkshaw, M. J. (2007). Clinical anatomy and physiology of the voice. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 40, 909 – 929. Retrieved 20. 11. 2009 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com>.

Suchomel, T. & Lisický, D. (2004). Progresivní dynamická stabilizace bederní páteře. Retrieved 10. 12. 2010 from the World Wide Web: [http://www.ftk.upol.cz/dokumenty/kfa/prezentace/trenink\\_stabilizace.pdf](http://www.ftk.upol.cz/dokumenty/kfa/prezentace/trenink_stabilizace.pdf).

Sundberg, J. (1977). The Acoustics of the Singing Voice. Retrieved 10. 12. 2010 from the World Wide Web: <http://www.zainea.com/voices.htm>.

Sundberg, J., Leanderson, R. & von Euler, C. (1988). Activity relationship between diaphragm and cricothyroid muscles. *Department for Speech, Music and Hearing – Quarterly Progress and Status Report*, 29,(2–3), 83 – 91. Retrieved 20. 1. 2011 the World Wide Web: [http://www.speech.kth.se/prod/publications/files/qpsr/1988/1988\\_29\\_2-3\\_083-091.pdf](http://www.speech.kth.se/prod/publications/files/qpsr/1988/1988_29_2-3_083-091.pdf)

Syrový, V. (2003). Hudební akustika. Praha: Akademie múzických umění.

Syrový, V. (2008). Konsonance a disonance struktury hudebního zvuku. Retrieved 27. 3. 2011 from the World Wide Web:  
<http://zvuk.hamu.cz/vyzkum/dokumenty/Lit163.pdf>.

Šlapák, I., Janeček, D. & Lavička, L. (2009). Základy otorinolaryngologie a foniatrie pro studenty speciální pedagogiky. Brno: Klinika dětské ORL LF MU a FN Brno. Retrieved 2. 4. 2011 from the World Wide Web:  
<http://is.muni.cz/elportal/estud/pedf/js09/orl/web/doc/zaklady-orl-a-foniatrie.pdf>.

Šram, F., Švec, J., Havlík, R. & Frič, M. (n. d.). Poruchy hlasu. Retrieved 8. 12. 2009 from the World Wide Web: <http://www.orl.cz/diagnozy/foniatrie/2/kopie/Sram2003.pdf>.

Thorpe, C. W., Cala, S. J., Chapman, J. & Davis, P. J. (2001). Patterns of Breath Support in Projection of the Singing Voice. *Journal of Voice*, 15(1), 86 – 104. Retrieved 20. 3. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web:  
<http://www.sciencedirect.com>.

Uhrová, H. (n. d.). Zvuk [Učební pomůcka]. Praha: Vysoká škola chemicko – technologická, Ústav fyziky a měřicí techniky. Retrieved 10. 12. 2009 from the World Wide Web: <http://www.vscht.cz/ufmt/cs/index.html>.

Véle, F. (2006). Kineziologie. Praha: Triton.

Wan, C. Y., Rüber, T., Hohmann, A. & Schlaug, G. (2010). The therapeutic effects of singing in neurological disorders. *Music Percept*, 27 (4), 287 – 295. Retrieved 8. 2. 2011 from PubMed database on the World Wide Web:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2996848/?tool=pubmed>.

Wolfe, J., Garnier, M. & Smith, J. (2009). Vocal tract resonances in speech, singing and playing musical instruments. *Human Frontier Science Program Journal*, 3(1), 6 – 23. Retrieved 20. 1. 2010 on the World Wide Web:  
<http://www.phys.unsw.edu.au/jw/reprints/WolfeGarnierSmith.pdf>.

## **POUŽITÉ PROGRAMY:**

Demoverze programu Adobe audition 3.0. Retrieved 10. 12. 2010 from the World Wide Web: <http://www.instaluj.cz/adobe-audition>.

Audacity. Retrieved 10. 1. 2011 from the World Wide Web: <http://audacity.sourceforge.net>.

Praat. Retrieved 15. 2. 2011 from the World Wide Web: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat>.

## **10 PŘÍLOHY**

- I. Seznam zkratk**
- II. Informovaný souhlas**
- III. Chrupavky hrtanu**
- IV. Anatomie svalů**
- V. Vyšetření HSS**
- VI. Cvičební jednotka – aktivace HSS**
- VII. Tabulky s naměřenými hodnotami**

## PŘÍLOHA I – SEZNAM ZKRATEK

dB	decibel
dBFS	decibels below full scale
FFT	fast Fourier transform
HSS	hluboký stabilizační systém
Hz	hertz
kHz	kilohertz
lig.	ligamentum
m.	musculus
mm.	musculi
nesig.	nesignifikantní
RMS	root – mean – square
s	sekunda
sig.	signifikantní
μs	mikrosekunda

## PŘÍLOHA II – INFORMOVANÝ SOUHLAS

### **Informovaný souhlas**

#### **Vliv aktivace hlubokého stabilizačního systému na frekvenční charakteristiky hlasového projevu**

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. S mojí účastí ve studii není spojeno poskytnutí žádné odměny.
6. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

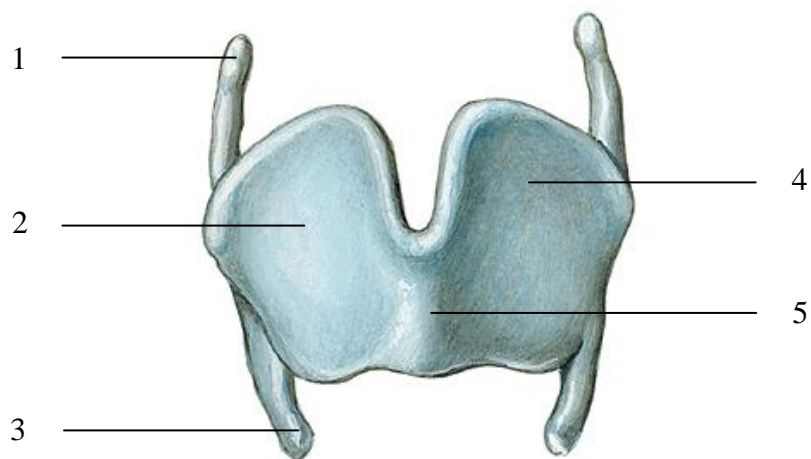
Podpis fyzioterapeuta pověřeného touto studií:

Datum:

Datum:

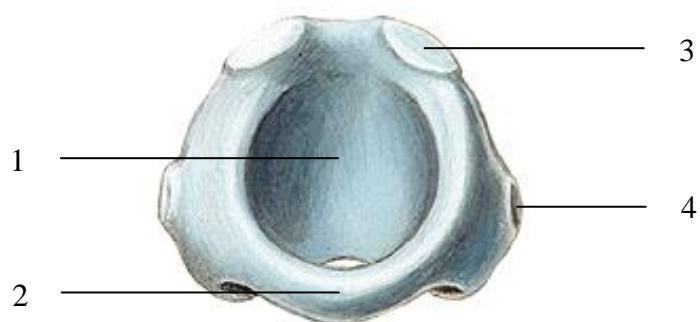


### PŘÍLOHA III – CHRUPAVKY HRTANU



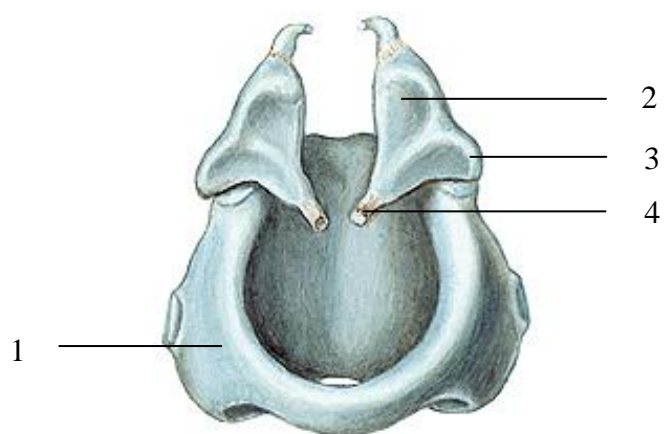
*1 – cornu superius, 2 – lamina dextra, 3 – cornu inferius, 4 – lamina sinistra,  
5 – prominentia laryngea*

Obrázek 23. Cartilago thyroidea (Putz & Pabst, 2007a, str. 122)



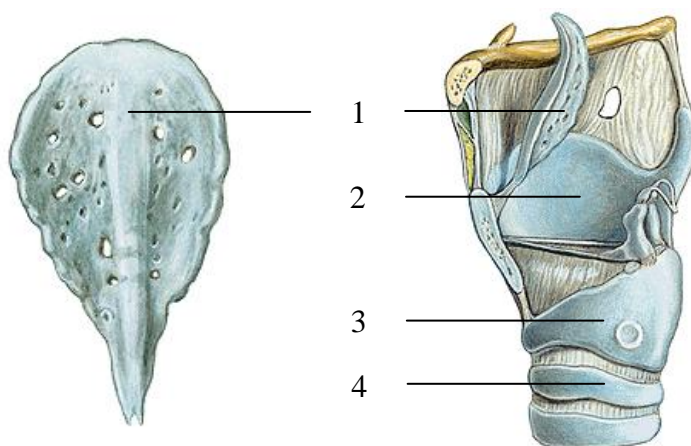
*1 – lamina cartilaginis, 2 – arcus cartilaginis, 3 – facies articularis arytaenoidea,  
4 – facies articularis thyroidea*

Obrázek 24. Cartilago cricoidea (Putz & Pabst, 2007a, str. 122)



*1 – cartilago cricoidea, 2 – cartilago arytaenoidea, 3 – processus muscularis,  
4 – processus vocalis*

Obrázek 25. Chrupavky hlasivkové (Putz & Pabst, 2007a, str. 122)



*1 – cartilago epiglottis, 2 – cartilago thyroidea, 3 – cartilago cricoidea, 4 – cartilago  
trachealis*

Obrázek 26. Chrupavka hrtanové příklopky (Putz & Pabst, 2007a, str. 122)

## PŘÍLOHA IV – ANATOMIE SVALŮ

Tabulka 4. Anatomie svalů ovládajících epiglottis (Vlastní práce)

<b>Svaly ovládající epiglottis</b>	
<b>M. thyroepiglotticus</b>	O: vnitřní plocha lamina cartilaginis thyroideae
	Průběh: dorzokraniolaterální
	I: laterální okraj epiglottis, podslizniční vazivo vchodu hrtanu
	F: otevření vchodu do hrtanu
	I: n. laryngeus inferior
<b>M. aryepiglotticus</b>	O: cartilago arytaenoidea (hrot)
	Průběh: kraniolaterální
	I: okraj epiglottis
	F: uzavírá vchod do hrtanu
	I: n. laryngeus inferior

(Čihák, 2002; Dokládál & Páč, 2000; Poletto, Verdun, Strominger & Ludlow, 2004)

Tabulka 5. Anatomie svalů ovládajících hlasové vazy – pohyb v articulatio cricoarytaenoidea (Vlastní práce)

<b>Svaly ovládající hlasové vazy</b> (pohyb v articulatio cricoarytaenoidea)	
<b>M. cricoarytaenoideus posterior</b>	O: dorzální plocha lamina cartilaginis cricoideae
	Průběh: kraniolaterální
	I: processus muscularis cartilaginis arytaenoideae
	F: zevní rotace a úklon hlasivkové chrupavky laterálně → abdukce hlasových vazů (kontrahuje se při každém nádechu)
	I: n. laryngeus inferior
<b>M. cricoarytaenoideus lateralis</b>	O: arcus cartilaginis cricoideae
	Průběh: dorzolaterální
	I: processus muscularis cartilaginis arytaenoideae
	F: vnitřní rotace hlasivkové chrupavky → addukce hlasových vazů
	I: n. laryngeus inferior

<b>M. arytaenoideus</b>	spojuje dorzálně hlasivkové chrupavky
	M. arytaenoideus transversus – probíhá napříč mezi oběma hlasivkovými chrupavkami, uložen hlouběji
	M. arytaenoideus obliquus – povrchovější část, jejíž snopce probíhají šikmo a ve střední čáře se snopce obou stran kříží
	F: addukce hlasových vazů (nejsilnější adduktor)
	I: n. laryngeus inferior

(Čihák, 2002; Dokládál & Páč, 2000; Poletto, Verdun, Strominger & Ludlow, 2004)

Tabulka 6. Anatomie svalů ovládajících hlasové vazy – pohyb v articulatione cricothyroidea (Vlastní práce)

<b>Svaly ovládající hlasové vazy</b> (pohyb v articulatione cricothyroidea)	
<b>M. cricothyroideus</b> (pars recta et obliqua)	O: ventrální plocha cartilago cricoidea
	Průběh: kraniolaterální
	I: kaudální okraj lamina cartilaginis thyroideae
	F: sklání štítnou chrupavku dopředu a tím napíná hlasové vazy
	I: n. laryngeus superior
<b>M. thyroarytaenoideus</b>	O: vnitřní plocha lamina cartilaginis thyroideae
	Průběh: dorzokraniální
	I: processus vocalis cartilaginis arytaenoideae
	F: naklání štítnou chrupavku dorzálně → uvolnění napětí hlasových vazů; aktivuje se při kašli a řeči
	I: n. laryngeus inferior
<b>M. vocalis</b> (někdy označován jako součást m. thyroarytaenoideus, jeho mediální snopce)	O: vnitřní plocha lamina cartilaginis thyroideae
	Průběh: dorzální
	I: processus vocalis cartilaginis arytaenoideae
	F: jemná regulace tvaru a napětí hlasových vazů
	I: n. laryngeus inferior

(Čihák, 2002; Dokládál & Páč, 2000; Poletto, Verdun, Strominger & Ludlow, 2004)

Tabulka 7. Anatomie nadjazykových svalů (Vlastní práce)

<b>SVALY NADJAZYLKOVÉ</b>	
<b>M. stylohyoideus</b>	O: processus styloideus ossis temporalis
	Průběh: ventrokaudální
	I: cornu minus ossis hyoidei
	F: táhne jazylku dorzokraniálně
	I: n. facialis
<b>M. mylohyoideus</b>	O: linea mylohyoidea mandibulae
	Průběh: dorzokaudální
	I: os hyoideum, raphe mylohyoidea
	F: elevace jazylky
	I: n. mylohyoideus
<b>M. geniohyoideus</b>	O: spina mentalis mandibulae
	Průběh: dorzokaudální
	I: os hyoideum
	F: táhne jazylku ventrokraniálně
	I: plexus cervicalis
<b>M. digastricus</b>	O: incisura mastoidea processu mastoidei (venter posterior), fossa digastrica mandibulae (venter anterior)
	Průběh: dorzokaudální (venter anterior), ventrokaudální (venter posterior)
	I: cornu minus ossis hyoidei (prostřednictvím vazivového poutka)
	F: venter anterior táhne jazylku ventrokraniálně, venter posterior táhne jazylku dorzokraniálně
	I: n. mylohyoideus (venter anterior), n. facialis (venter posterior)

(Čihák, 2001)

Tabulka 8. Anatomie podjazykových svalů (Vlastní práce)

<b>SVALY PODJAZYKOVÉ</b>	
<b>M. sternohyoideus</b>	O: dorzální plocha claviculy, manubrium sterni
	Průběh: kraniální
	I: corpus ossis hyoidei
	F: táhne jazylku kaudálně
	I: ansa cervicalis profunda, plexus cervicalis
<b>M. thyrohyoideus</b>	O: linea obliqua cartilaginis thyroideae
	Průběh: kraniální
	I: cornu majus a laterální třetina corpus ossis hyoidei
	F: při fixovaném hrtanu táhne jazylku kaudálně, při fixované jazylce táhne hrtan kraniálně
	I: plexus cervicalis
<b>M. sternothyroideus</b>	O: manubrium sterni, dorzální okraj chrupavky 1. žebra
	Průběh: kraniální
	I: linea obliqua cartilaginis thyroideae
	F: táhne hrtan kaudálně
	I: ansa cervicalis profunda, plexus cervicalis
<b>M. omohyoideus</b>	O: margo superior scapulae, lig. transversum scapulae (venter inferior), corpus ossis hyoidei (venter superior)
	Průběh: ventrokraniální (venter inferior), ventrokaudální (venter superior)
	I: společná šlacha je prostřednictvím fascia cervicalis (lamina pretrachealis) připevněna ke clavicule a 1. žebro
	F: deprese jazylky
	I: ansa cervicalis profunda, plexus cervicalis

(Čihák, 2001)

Tabulka 9. Anatomie primárních inspiračních svalů (Vlastní práce)

<b>PRIMÁRNÍ INSPIRAČNÍ SVALY</b>	
<b>Diaphragma</b>	O: <ul style="list-style-type: none"> <li>• pars lumbalis: lig. longitudinale anterius ve výši L1 – L3 (crus mediale et laterale cruris medialis), lig. arcuatum mediale et laterale (crus laterale)</li> <li>• pars costalis: chrupavky 12. – 7. žebra</li> <li>• pars sternalis: dorzální plocha processus xiphoideus a dorzální strana pochvy přímých břišních svalů</li> </ul>
	I: centrum tendineum
	F: hlavní inspirační sval se značnou posturální funkcí
	I: n. phrenicus
<b>Mm. intercostales externi</b>	O: kaudální okraj kraniálnějšiho žebra
	I: kraniální okraj sousedního kaudálnějšiho žebra
	F: zvedají žebra, zužují mezižeberní prostory, rozšiřují hrudník
	I: nn. intercostales
<b>Mm. levatores costarum</b>	O: processus transversi hrudních obratlů
	I: angulus costae níže ležícího žebra
	F: zvedají žebra → pomocné inspirační svaly
	I: nn. intercostales

(Čihák, 2001, Grim & Druga, 2001)

Tabulka 10. Anatomie akcesorních inspiračních svalů (Vlastní práce)

<b>AKCESORNÍ INSPIRAČNÍ SVALY</b>	
<b>M. pectoralis major</b>	O: <ul style="list-style-type: none"> <li>• pars clavicularis: extremitas sternalis claviculae</li> <li>• pars sternocostalis: corpus sterni a přilehlé chrupavky 2. – 7. žebra</li> <li>• pars abdominalis: přední list vagina m. recti abdominis</li> </ul>
	I: crista tuberculi majoris humeri
	F: flexe, addukce a vnitřní rotace v ramenním kloubu, při fixované paži zvedá příslušná žebra → pomocný inspirační sval
	I: n. pectoralis medialis et lateralis
<b>M. pectoralis minor</b>	O: 3. – 5. žebro
	I: processus coracoideus scapulae
	F: táhne lopatku ventrokaudálně, při fixované paži zvedá příslušná žebra → pomocný inspirační sval
	I: n. pectoralis medialis et lateralis
<b>M. serratus anterior</b>	O: 1. – 9. žebro (na laterální straně hrudníku)
	I: margo medialis et angulus inferior scapulae
	F: abdukce a zevní rotace lopatky, při fixované lopatce táhne za příslušná žebra a rozpíná hrudník → pomocný inspirační sval
	I: n. thoracicus longus
<b>M. sternocleidomastoideus</b>	O: manubrium sterni, extremitas sternalis claviculae
	I: processus mastoideus ossis temporalis, linea nuchae superior ossis occipitalis
	F: při jednostranné kontrakci lateroflexe hlavy homolaterálně a rotace kontralaterálně, při oboustranné kontrakci extenze krční páteře (obrací obličej nahoru)
	I: n. accessorius, plexus cervicalis
<b>M. scalenus anterior</b>	O: processus transversi C3 – 6
	I: tuberculum m. scaleni anterioris 1. žebra
	F: při jednostranné kontrakci lateroflexe krční páteře homolaterálně, při oboustranné kontrakci flexe krční páteře, při fixované krční páteři zvedá 1. žebro → pomocný inspirační sval
	I: plexus cervicalis



<b>M. scalenus medius</b>	O: processus transversi C1 – 7
	I: 1. žebro za sulcus a. subclaviae
	F: při jednostranné kontrakci lateroflexe krční páteře homolaterálně, při oboustranné kontrakci flexe krční páteře, při fixované krční páteři zvedá 1. žebro → pomocný inspirační sval
	I: plexus cervicalis
<b>M. scalenus posterior</b>	O: processus transversi C5 – 6
	I: 2. žebro
	F: při jednostranné kontrakci lateroflexe krční páteře homolaterálně, při oboustranné kontrakci flexe krční páteře, při fixované krční páteři zvedá 2. žebro → pomocný inspirační sval
	I: plexus cervicalis
<b>M. serratus posterior superior</b>	O: processus spinosi C6 – Th2
	I: 2. – 5. žebro laterálně od anguli costarum
	F: zvedá příslušná žebra → pomocný inspirační sval
	I: nn. intercostales
<b>M. latissimus dorsi</b>	O: processus spinosi Th6 – 12, L1 – 5, dorzální strana os sacrum, dorzální část crista iliaca, přídatné začátky od 4 kaudálních žeber
	I: crista tuberculi minoris
	F: addukce, extenze a vnitřní rotace v ramenním kloubu, při fixované paži zvedá příslušná žebra → pomocný inspirační sval
	I: n. thoracodorsalis
<b>M. iliocostalis (pars superior)</b>	O: anguli costarum 3. – 12. žebra
	I: processus costarii krčních obratlů
	F: při jednostranné kontrakci lateroflexe páteře homolaterálně, při oboustranné kontrakci extenze páteře; elevace žeber
	I: rr. dorsales nn. spinalium

(Čihák, 2001, Grim & Druga, 2001)

Tabulka 11. Anatomie primárních expiračních svalů (Vlastní práce)

<b>Primární expirační svaly</b>	
<b>Mm. intercostales interni</b>	O: kraniální okraj kaudálnějšího žebra
	I: kaudální okraj kraniálnějšího žebra
	F: táhnou žebra kaudálně, zužují mezižební prostory, zmenšují objem hrudníku
	I: nn. intercostales
<b>M. transversus thoracis</b>	O: zadní strana processus xiphoideus a přilehlá část corpus sterni
	I: zadní plocha chrupavek 2. – 6. žebra
	F: expirace
	I: nn. intercostales

(Čihák, 2001, Grim & Druga, 2001)

Tabulka 12. Anatomie akcesorních expiračních svalů (Vlastní práce)

<b>AKCESORNÍ EXPIRAČNÍ SVALY</b>	
<b>M. rectus abdominis</b>	O: processus xiphoideus, přilehlá ligamenta costoxiphoidea, chrupavky 5. – 7. žebra
	Průběh: kaudální
	I: os pubis (mezi symfýzou a tuberculum pubicum)
	F: při punctum fixum na pánvi flexe páteře tahem za hrudník, při punctum fixum na hrudníku retroverze pánve, účast na břišním lisu, pomocný výdechový sval
	I: nn. intercostales Th7 – Th11, n. subcostalis
<b>M. obliquus abdominis externus</b>	O: laterální část 5. – 12 žebra
	Průběh: ventromediokaudální
	I: labium externum cristae iliacaе, linea alba a lig. inguinale prostřednictvím aponeurosis m. obliqui abdominis externi, přední list pochvy m. recti abdominis
	F: lateroflexe páteře homolaterálně, rotace páteře a hrudníku kontralaterálně, účast na břišním lisu, pomocný výdechový sval
	I: nn. intercostales Th 5 – Th 11, n. subcostalis

<b>M. obliquus abdominis internus</b>	O: okraj hlubokého listu thoracolumbální fascie, linea intermedia cristae iliacaе, ligamentum inguinale (laterální polovina)
	Průběh: kraniální snopce ventromediokraniálně, kaudální snopce spíše ventromediokaudálně
	I: 9. – 12. žebro, přední a zadní list pochvy m. recti abdominis, linea alba prostřednictvím aponeurosis m. obliqui abdominis interni
	F: lateroflexe páteře homolaterálně, rotace páteře a hrudníku homolaterálně, účast na břišním lisu, pomocný sval výdechový
	I: nn. intercostales Th 8 – Th 11, n. subcostalis, n. iliohypogastricus, n. ilioinguinalis, n. genitofemoralis
<b>M. transversus abdominis</b>	O: vnitřní plocha 7. – 12. žebra, okraj hlubokého listu thoracolumbální fascie, labium internum cristae iliacaе, spina iliaca anterior superior, lig. inguinale (laterální polovina)
	Průběh: horizontální, ventromediální
	I: linea alba prostřednictvím aponeurosis m. transversi abdominis
	F: rotace trupu homolaterálně, účast na břišním lisu, kontrola a regulace napětí břišní stěny v oblasti canalis inguinalis
	I: nn. intercostales Th 7 – Th 11, n. subcostalis, n. iliohypogastricus, n. ilioinguinalis, n. genitofemoralis
<b>M. serratus posterior inferior</b>	O: processus spinosi Th11 – L2
	I: 4 kaudální žebra
	F: fixuje kaudální žebra a sklání je kaudálně
	I: nn. intercostales
<b>M. iliocostalis (pars inferior)</b>	O: labium externum cristae iliacaе, fascia thoracolumbalis
	I: žebra
	F: při jednostranné kontrakci lateroflexe páteře homolaterálně, při oboustranné kontrakci extenze páteře; deprese žeber
	I: rr. dorsales nn. spinalium

<b>M. levator ani</b> • <b>M. iliococcygeus</b> • <b>M. pubococcygeus</b>	O: arcus tendineus m. levatoris ani (m. iliococcygeus), os pubis – 1 cm za symfýzou (m. pubococcygeus)
	I: lig. anococcygeum, okraj kostrče (m. iliococcygeus), kostrč, centrum tendineum perinei, podél análního kanálu, lig. anococcygeum (m. pubococcygeus)
	F: podpůrný systém pro polohu pánevních orgánů, mírná elevace pánevního dna způsobující nárůst intraabdominálního tlaku, zúžení anterodorzálního průsvitu při současné kontrakci mediálních částí, odstraňování stolice při silné kontrakci laterálních částí, vyprázdnění urethry na konci močení při kontrakci anteriorních vláken
	I: plexus sacralis (S3 – S4)
<b>M. coccygeus</b>	O: spina ischiadica, pevně se spojuje s lig. sacrospinale
	I: laterální okraje kostrče, poslední sakrální obratel
	F: podpůrný děložní aparát proti zvýšenému intraabdominálnímu tlaku, flexe kostrče
	I: plexus sacralis (S2 – S4)

(Čihák, 2001, Grim & Druga, 2001;)

## **PŘÍLOHA V – VYŠETŘENÍ HLUBOKÉHO STABILIZAČNÍHO SYSTÉMU**

### **VYŠETŘENÍ DECHOVÉHO STEREOTYPU**

**Výchozí poloha:** Vsedě

**Provedení:** Palpace dolního hrudníku a sledování způsobu dýchání.

**Hodnocení:**

**a) dolní hrudní (brániční) dýchání:**

- rozšiřování břišní dutiny i dolní hrudní apertury
- pohyb sterny ventrálně
- rozšiřování mezižeberních prostor
- rozšiřování dolní části hrudníku ventrodorzálně a laterálně
- relaxace pomocných dechových svalů

**b) horní hrudní (kostální) dýchání:**

- pohyb sterny kraniokaudálně
- minimální rozšiřování hrudníku a mezižeberních prostor
- zapojování pomocných dechových svalů do nádechu

### **TEST FLEXE TRUPU**

**Výchozí poloha:** Vleže na zádech.

**Provedení:** Proband provede pomalou flexi krku a postupně i trupu. Palpace dolních nepravých žeber v medioklavikulární linii a hodnocení jejich souhybu.

**Hodnocení:**

**a) správné provedení:**

- při flexi krku aktivace břišních svalů, hrudník zůstává v kaudálním postavení
- při flexi trupu aktivace laterální skupiny břišních svalů

**b) nesprávné provedení:**

- při flexi hlavy kraniální synkinéza hrudníku a klíčních kostí
- laterální pohyb žeber
- břišní diastáza (rozestup přímých břišních svalů)
- zapojení m. rectus abdominis bez aktivace bránice a laterální skupiny břišních svalů

## **BRÁNIČNÍ TEST**

**Výchozí poloha:** Vsedě s napřímeným držením páteře, hrudník v kaudálním postavení.

**Provedení:** Palpace laterálně pod dolními žebry a mírný tlak proti laterální skupině břišních svalů. Proband provádí v kaudálním postavení hrudníku protitlak s rozšířením dolní části hrudníku, páteř musí zůstat napřímená.

**Hodnocení:**

**a) správné provedení:**

- rozšíření dolní části hrudníku laterálně
- rozšíření mezižebních prostor
- bez kraniálního souhybu žeber

**b) nesprávné provedení:**

- malá nebo žádná aktivace svalů proti odporu
- kraniální souhyb žeber
- bez laterálního rozšíření hrudníku, bez rozšíření mezižebních prostor

## **TEST FLEXE V KYČLI VLEŽE NA ZÁDECH**

**Výchozí poloha:** Vleže na zádech.

**Provedení:** Nastavení dolních končetin probanda do pravého úhlu v kyčelních a kolenních kloubech, lýtka jsou opřena o předloktí vyšetřujícího, proband se uvolní. Vyšetřující postupně lýtka pouští, přičemž proband musí výchozí polohu udržet.

**Hodnocení:**

**a) správné provedení:**

- aktivace břišní stěny
- hrudník v kaudálním postavení
- relaxace svalů inzerujících na horní hrudní aperturu

**b) nesprávné provedení**

- inspirační postavení hrudníku
- zapojení horní porce m. rectus abdominis
- převaha extenzorů, hyperlordóza ThL přechodu
- nezapojení laterální skupiny břišních svalů
- zapojení svalů inzerujících na horní hrudní aperturu do stabilizace

## PŘÍLOHA VI – CVIČEBNÍ JEDNOTKA (AKTIVACE HLUBOKÉHO STABILIZAČNÍHO SYSTÉMU)

### Nácvik rozvoje hrudníku do stran s pomocí pružného tahu

- Lehněte si na záda, dolní končetiny mírně pokrčte v kolenních a kyčelních kloubech, roznožte na šířku pánve, chodidla opřete o zem.
- Theraband (gumu, něco pružného) si obtočte kolem dolní části hrudníku v oblasti dolních žeber.
- Proveďte maximální výdech a udržte hrudník v maximálním výdechovém postavení (břišní a prsní svaly musí být relaxovány).
- Zavažte Theraband kolem hrudníku – zafixujte Therabandem výdechové postavení hrudníku.
- Nadechněte se proti odporu Therabandu – snažte se o maximální rozšíření dolní části hrudníku do stran (břišní i prsní svaly opět relaxovány).



Obrázek 27. Nácvik rozvoje hrudníku do stran s pomocí pružného tahu

## **Nácvik aktivace hlubokého stabilizačního systému**

### **KROK 1**

- Lehněte si na záda, bérce položte na židli, aby dolní končetiny byly pokrčené v kyčelních a kolenních kloubech do pravého úhlu. Špičky jsou lehce u sebe, kolena od sebe na šířku pánve.
- Ruce si volně položte na břicho – pravou ruku na pravou polovinu, levou ruku na levou polovinu. Prsty jsou roztažené, aby pokrývaly co největší plochu.
- Při výdechu pomalu a plynule zpevněte břišní svaly – dolní žebra jsou tažena směrem dolů k pánvi, oblast podbřišku se vyklenuje nahoru (ke stropu). Kontrolujte prsty, které máte položené na břichu, zda v některém místě nedošlo k výraznému zvýšení napětí břišní stěny. V každém místě musí být napětí rozložené rovnoměrně.
- Nacvičujte dýchání s aktivovanými břišními svaly – dolní část hrudníku se při nádechu rozvíjí do stran, jako tomu bylo při nácviku s Therabandem.

### **Znaky správné aktivace:**

- ✓ Bederní páteř se při aktivaci břišních svalů zlehka přitiskne k podložce.
- ✓ Pupík zajede směrem šikmo dolů do pánve.
- ✓ Napětí břišních svalů je rovnoměrně rozložené.
- ✓ Aktivace břišních svalů se děje pomalu a plynule, navenek nesmí být vidět žádná rychlá kontrakce.

### **Znaky nesprávné aktivace:**

- Hrudník je vytažen nahoru, do nádechového postavení.
- Pupík je tažen nahoru.
- Převažuje napětí horní části přímého břišního svalu (mezi žeberními oblouky).
- V oblasti podbřišku není napětí.
- Oblast bederní páteře a přechodu mezi bederní a hrudní páteří se prohýbá, je odlepena od podložky.
- Rychlé stažení břišních svalů.



## **KROK 2**

- Výchozí poloha je shodná s Krokem 1.
- Po aktivaci břišních svalů a rozdýchání pomalu a plynule odlepte asi 1cm nad podložku (nad židli) pravý bérce a držte.
- Napětí břišních svalů je stále stejné, stejně rovnoměrně rozložené, což neustále hlídáte prsty, které máte rozložené po celé břišní stěně.
- Počítejte po vteřinách výdrž. (Zaznamenejte.)
- To samé poté proveďte i s levým bérce.
- Pokud zvládnete beze změny svalového napětí v oblasti břišní stěny vydržet 60 s na obě strany, přejděte ke Kroku 3.



Obrázek 28. Aktivace HSS – Krok 2

### KROK 3

- Lehněte si na záda, dolní končetiny pokrčte v kolenních a kyčelních kloubech, chodidla opřete o zem, blízko hýždím.
- Ruce s roztaženými prsty položte na břišní stěnu jako v předchozích krocích.
- Pomalu a plynule se zapřete pravým chodidlem do podložky ve 3 bodech – v oblasti paty, hlavičky první kosti nártní a hlavičky páté kosti nártní.
- Zaktivujte břišní svaly stejně jako v Kroku 1 a 2.
- Pomalu a plynule zkuste zvednout asi 1 cm nad podložku levou nohu. Pokud se napětí břišních svalů nezmění, je stále rovnoměrně rozloženo, držte a počítejte po vteřinách. (Zaznamenejte.)
- To samé poté proved'ete i na druhou stranu.



Obrázek 29. Aktivace HSS – Krok 3

## PŘÍLOHA VII – TABULKY S NAMĚŘENÝMI HODNOTAMI

Tabulka 13. Výzkumná skupina – hodnoty harmonických frekvencí před a po aktivaci HSS (Vlastní práce)

Proband	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11
1	434	864	1295	1724	2155	2585	3027	3458	3882	4326	4761
	437	871	1305	1739	2174	2614	3038	3485	3927	4333	4770
2	420	843	1260	1683	2101	2523	2943	3477	3795	4319	4738
	433	863	1293	1723	2152	2578	3033	3466	3880	4328	4758
3	419	839	1257	1673	2091	2533	2925	3479	3890	4317	4735
	422	847	1265	1690	2115	2535	2965	3473	3891	4321	4745
4	418	835	1253	1673	2083	2502	2895	3332	3761	4185	4523
	419	840	1258	1678	2096	2519	2925	3361	3781	4211	4576
5	433	863	1292	1724	2154	2583	3011	3456	3885	4300	4761
	441	882	1322	1759	2201	2639	3077	3457	3960	4338	4777
6	432	862	1287	1718	2155	2595	3026	3464	3865	4304	4720
	441	883	1323	1750	2211	2659	3072	3547	3985	4382	4787
7	428	856	1280	1711	2136	2539	2978	3380	3865	4322	4752
	428	854	1278	1711	2133	2566	2991	3410	3865	4324	4752
8	212	419	631	834	1045	1254	1464	1671	1884	2090	2301
	212	424	635	848	1060	1270	1480	1693	1907	2119	2328
9	434	865	1296	1728	2160	2591	3022	3457	3888	4323	4760
	432	859	1294	1726	2144	2575	2997	3434	3864	4295	4752
10	432	863	1293	1727	2168	2601	2994	3465	3905	4327	4761
	436	869	1302	1733	2166	2603	3030	3463	3931	4338	4768
11	435	869	1303	1737	2174	2612	3028	3463	3879	4330	4765
	448	896	1344	1787	2238	2681	3002	3447	3987	4344	4793
12	213	425	637	848	1061	1272	1486	1697	1910	2121	2342
	207	418	626	834	1043	1252	1461	1665	1877	2083	2290
13	430	857	1284	1708	2137	2576	2994	3465	3808	4325	4755
	426	851	1277	1699	2128	2558	2983	3408	3833	4256	4750
14	433	863	1292	1725	2153	2586	3028	3443	3912	4327	4759
	432	861	1289	1718	2147	2579	3009	3463	3872	4326	4757
15	425	849	1273	1696	2121	2543	2969	3389	3815	4237	4749
	426	851	1279	1704	2129	2550	2985	3409	3836	4256	4750
16	434	865	1289	1728	2161	2595	3026	3458	3891	4327	4763
	434	865	1294	1727	2155	2593	3021	3460	3892	4323	4763

*Vysvětlivky:* Hodnoty v tabulce jsou uvedeny v Hz.

Tabulka 14. Výzkumná skupina – hodnoty intenzit harmonických frekvencí před a po aktivaci HSS (Vlastní práce)

<b>Proband</b>	<b>Int. H1</b>	<b>Int. H2</b>	<b>Int. H3</b>	<b>Int. H4</b>	<b>Int. H5</b>	<b>Int. H6</b>	<b>Int. H7</b>	<b>Int. H8</b>	<b>Int. H9</b>	<b>Int. H10</b>	<b>Int. H11</b>
<b>1</b>	-21	-11	-35	-54	-54	-60	-63	-70	-61	-75	-66
	-15	-8	-27	-48	-49	-45	-56	-58	-56	-66	-69
<b>2</b>	-21	-19	-52	-65	-75	-70	-77	-77	-78	-80	-80
	-19	-18	-56	-69	-74	-61	-77	-73	-86	-74	-79
<b>3</b>	-25	-19	-48	-68	-71	-84	-74	-81	-89	-81	-80
	-23	-24	-55	-70	-74	-83	-77	-80	-87	-81	-79
<b>4</b>	-16	-21	-31	-56	-63	-60	-55	-75	-80	-79	-73
	-11	-14	-31	-45	-64	-54	-54	-66	-68	-67	-69
<b>5</b>	-19	-20	-46	-50	-63	-64	-59	-69	-71	-63	-75
	-11	-12	-40	-47	-55	-42	-58	-68	-67	-70	-68
<b>6</b>	-18	-21	-50	-63	-66	-74	-70	-70	-78	-61	-67
	-12	-20	-29	-55	-51	-53	-46	-60	-60	-52	-71
<b>7</b>	-17	-18	-35	-58	-69	-70	-69	-67	-67	-76	-79
	-20	-19	-44	-69	-74	-63	-67	-72	-69	-78	-80
<b>8</b>	-31	-24	-33	-43	-59	-64	-67	-74	-74	-69	-61
	-23	-13	-23	-31	-43	-51	-57	-60	-55	-53	-45
<b>9</b>	-11	-10	-30	-41	-47	-51	-40	-57	-57	-47	-66
	-17	-8	-24	-43	-51	-52	-50	-61	-63	-55	-67
<b>10</b>	-21	-15	-36	-54	-62	-67	-57	-74	-84	-74	-74
	-15	-14	-31	-61	-58	-56	-55	-70	-75	-66	-71
<b>11</b>	-23	-26	-45	-64	-68	-69	-82	-78	-90	-78	-84
	-11	-2	-29	-45	-48	-40	-62	-65	-66	-64	-63
<b>12</b>	-25	-15	-38	-24	-42	-51	-49	-51	-44	-37	-58
	-22	-14	-30	-19	-36	-41	-44	-50	-41	-31	-49
<b>13</b>	-16	-13	-35	-53	-61	-53	-65	-70	-69	-69	-74
	-7	-11	-27	-48	-47	-42	-51	-57	-52	-53	-68
<b>14</b>	-25	-17	-43	-68	-69	-67	-69	-69	-85	-79	-73
	-23	-10	-39	-66	-70	-68	-61	-75	-80	-77	-71
<b>15</b>	-12	-20	-41	-50	-61	-67	-59	-69	-69	-68	-76
	-11	-20	-43	-48	-62	-69	-52	-62	-61	-63	-77
<b>16</b>	-19	-18	-53	-53	-71	-68	-53	-70	-68	-73	-74
	-13	-14	-47	-48	-68	-58	-47	-64	-49	-67	-69

*Vysvětlivky:* Hodnoty v tabulce jsou uvedeny v dBFS (na škále -100 až 0).

Tabulka 15. Výzkumná skupina – hodnoty relativního a absolutního jitteru a shimmeru  
(Vlastní práce)

<b>Proband</b>	<b>Relativní jitter</b>	<b>Absolutní jitter</b>	<b>Relativní shimmer</b>	<b>Absolutní shimmer</b>
<b>1</b>	0,057	1,332	0,753	0,101
	0,093	2,151	0,845	0,09
<b>2</b>	0,152	3,635	1,146	0,151
	0,212	4,944	1,31	0,167
<b>3</b>	0,139	3,324	1,422	0,159
	0,2	4,723	1,651	0,162
<b>4</b>	0,292	7,01	1,885	0,211
	0,202	4,823	1,37	0,144
<b>5</b>	0,163	3,793	1,31	0,146
	0,137	3,101	1,094	0,112
<b>6</b>	0,346	8,065	1,972	0,198
	0,274	6,254	1,539	0,164
<b>7</b>	0,256	6,005	1,9	0,208
	0,221	5,19	1,984	0,188
<b>8</b>	0,304	14,122	1,83	0,199
	0,267	12,628	1,832	0,188
<b>9</b>	0,211	4,896	1,213	0,136
	0,195	4,55	1,305	0,149
<b>10</b>	0,282	6,56	1,652	0,177
	0,319	7,361	1,765	0,211
<b>11</b>	0,219	5,06	1,478	0,173
	0,107	2,382	0,78	0,085
<b>12</b>	0,299	14,046	1,945	0,222
	0,289	13,869	1,522	0,188
<b>13</b>	0,195	4,551	1,338	0,143
	0,186	4,408	1,424	0,144
<b>14</b>	0,091	2,108	1,121	0,156
	0,097	2,27	0,656	0,071
<b>15</b>	0,25	5,868	1,422	0,137
	0,173	4,047	1,211	0,11
<b>16</b>	0,191	4,42	1,293	0,148
	0,146	3,382	1,074	0,112

*Vysvětlivky:* Hodnoty relativního jitteru a shimmeru jsou uvedeny v procentech, hodnoty absolutního jitteru v  $\mu\text{s}$  a absolutního shimmeru v dB.

Tabulka 16. Kontrolní skupina – hodnoty harmonických frekvencí před a po týdnu bez cvičení (Vlastní práce)

<b>Proband</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>H6</b>	<b>H7</b>	<b>H8</b>	<b>H9</b>	<b>H10</b>	<b>H11</b>
<b>1</b>	433	862	1291	1718	2148	2579	3030	3463	3871	4326	4758
	423	848	1272	1692	2113	2534	2964	3391	3820	4321	4747
<b>2</b>	221	438	658	874	1097	1318	1542	1756	1988	2213	2439
	211	421	632	843	1051	1261	1474	1684	1895	2106	2326
<b>3</b>	426	852	1278	1701	2126	2556	3043	3468	3871	4323	4751
	425	851	1277	1696	2123	2553	2973	3476	3832	4322	4749
<b>4</b>	419	841	1259	1677	2098	2515	2935	3479	3883	4318	4737
	420	841	1259	1675	2088	2522	2941	3478	3886	4317	4737
<b>5</b>	419	839	1257	1659	2086	2509	2921	3352	3749	4171	4518
	420	840	1258	1673	2095	2515	2933	3360	3773	4192	4597
<b>6</b>	421	844	1263	1686	2106	2527	2950	3370	3792	4215	4627
	427	852	1279	1705	2128	2554	2982	3410	3837	4265	4677
<b>7</b>	432	862	1291	1720	2150	2582	3013	3466	3874	4289	4758
	432	861	1289	1718	2149	2580	3008	3467	3873	4317	4758
<b>8</b>	212	423	636	848	1058	1270	1484	1695	1913	2129	2336
	210	422	635	842	1051	1264	1475	1692	1902	2117	2323
<b>9</b>	434	863	1293	1725	2155	2579	3024	3465	3880	4311	4760
	429	858	1279	1734	2135	2543	2985	3465	3871	4252	4760
<b>10</b>	434	866	1296	1730	2164	2599	3032	3463	3896	4330	4768
	433	864	1290	1722	2151	2579	3014	3458	3880	4328	4763
<b>11</b>	206	414	619	827	1034	1241	1452	1661	1863	2072	2284
	209	418	627	837	1044	1252	1462	1670	1884	2092	2306
<b>12</b>	434	876	1294	1727	2156	2586	3015	3457	3888	4322	4757
	433	864	1294	1724	2154	2588	3002	3449	3863	4329	4761
<b>13</b>	440	880	1319	1768	2197	2612	3037	3457	3918	4334	4777
	437	872	1309	1745	2186	2614	3031	3462	3897	4326	4770
<b>14</b>	419	838	1257	1669	2099	2530	3055	3477	3910	4318	4732
	456	910	1365	1803	2286	2704	2987	3442	3933	4353	4807
<b>15</b>	429	856	1282	1707	2143	2569	2985	3399	3849	4323	4753
	427	853	1275	1700	2130	2561	3040	3395	3831	4324	4751

*Vysvětlivky:* Hodnoty v tabulce jsou uvedeny v Hz.

Tabulka 17. Kontrolní skupina – hodnoty intenzit harmonických frekvencí před a po týdnu bez cvičení (Vlastní práce)

<b>Proband</b>	<b>Int. H1</b>	<b>Int. H2</b>	<b>Int. H3</b>	<b>Int. H4</b>	<b>Int. H5</b>	<b>Int. H6</b>	<b>Int. H7</b>	<b>Int. H8</b>	<b>Int. H9</b>	<b>Int. H10</b>	<b>Int. H11</b>
<b>1</b>	-14	-1	-30	-50	-59	-53	-59	-67	-59	-68	-62
	-15	-10	-26	-46	-49	-57	-64	-72	-57	-72	-67
<b>2</b>	-22	-20	-27	-24	-46	-59	-61	-68	-65	-63	-53
	-23	-20	-32	-22	-43	-53	-55	-58	-59	-54	-43
<b>3</b>	-18	-17	-47	-61	-68	-67	-74	-77	-83	-76	-77
	-21	-18	-52	-64	-76	-67	-72	-78	-81	-79	-75
<b>4</b>	-24	-18	-45	-67	-70	-80	-73	-80	-87	-83	-79
	-19	-14	-44	-68	-71	-78	-77	-75	-84	-76	-75
<b>5</b>	-11	-18	-29	-63	-57	-55	-51	-70	-75	-70	-69
	-11	-15	-27	-51	-56	-51	-50	-69	-72	-70	-72
<b>6</b>	-18	-20	-43	-52	-61	-56	-68	-68	-68	-58	-65
	-13	-19	-34	-49	-57	-55	-53	-64	-61	-53	-66
<b>7</b>	-22	-24	-46	-55	-69	-67	-59	-75	-79	-68	-80
	-19	-18	-48	-60	-69	-64	-67	-72	-77	-70	-79
<b>8</b>	-32	-28	-32	-45	-54	-61	-58	-65	-62	-55	-56
	-28	-29	-31	-52	-58	-65	-64	-68	-67	-62	-51
<b>9</b>	-20	-26	-49	-58	-69	-78	-65	-74	-83	-63	-81
	-30	-32	-50	-68	-68	-78	-70	-82	-85	-80	-91
<b>10</b>	-18	-16	-34	-58	-65	-62	-68	-66	-61	-73	-73
	-19	-18	-35	-60	-66	-60	-69	-69	-63	-74	-74
<b>11</b>	-29	-31	-38	-40	-60	-64	-65	-75	-76	-71	-63
	-27	-29	-35	-37	-61	-63	-65	-71	-73	-71	-61
<b>12</b>	-11	-10	-26	-40	-50	-54	-46	-57	-60	-55	-63
	-11	-13	-26	-41	-50	-55	-48	-58	-61	-57	-64
<b>13</b>	-24	-23	-42	-65	-68	-71	-69	-80	-84	-81	-79
	-25	-21	-41	-65	-64	-68	-66	-79	-86	-80	-81
<b>14</b>	-22	-34	-42	-65	-74	-70	-86	-79	-89	-82	-90
	-22	-27	-52	-71	-73	-78	-86	-79	-92	-79	-88
<b>15</b>	-22	-9	-49	-61	-69	-61	-66	-69	-79	-74	-71
	-15	-11	-47	-62	-70	-61	-68	-68	-78	-73	-72

*Vysvětlivky:* Hodnoty v tabulce jsou uvedeny v dBFS (na škále -100 až 0).

Tabulka 18. Kontrolní skupina – hodnoty absolutního a relativního jitteru a shimmeru  
(Vlastní práce)

<b>Proband</b>	<b>Relativní jitter</b>	<b>Absolutní jitter</b>	<b>Relativní shimmer</b>	<b>Absolutní shimmer</b>
<b>1</b>	0,079	1,855	0,764	0,095
	0,115	2,711	1,259	0,133
<b>2</b>	0,257	11,824	1,96	0,186
	0,262	15,065	2,457	0,252
<b>3</b>	0,131	3,083	1,215	0,139
	0,13	3,061	1,156	0,129
<b>4</b>	0,196	4,685	1,734	0,168
	0,135	3,201	1,347	0,133
<b>5</b>	0,237	5,676	1,518	0,17
	0,218	5,188	1,56	0,191
<b>6</b>	0,23	5,466	1,08	0,125
	0,172	4,064	0,983	0,155
<b>7</b>	0,183	4,257	1,414	0,154
	0,207	4,802	1,398	0,154
<b>8</b>	0,608	28,969	5,934	0,552
	0,516	24,592	6,7	0,619
<b>9</b>	0,697	16,532	2,357	0,3
	0,971	22,877	5,289	0,556
<b>10</b>	0,252	5,835	2,135	0,222
	0,229	5,315	1,533	0,185
<b>11</b>	0,62	29,86	3,845	0,363
	0,54	26,015	4,018	0,362
<b>12</b>	0,207	4,732	1,471	0,187
	0,191	4,417	1,314	0,153
<b>13</b>	0,306	6,975	1,877	0,21
	0,384	8,817	1,975	0,192
<b>14</b>	0,437	10,404	1,792	0,184
	0,309	6,776	1,477	0,182
<b>15</b>	0,116	2,722	0,955	0,133
	0,083	1,936	1,002	0,137

*Vysvětlivky:* Hodnoty relativního jitteru a shimmeru jsou uvedeny v procentech, hodnoty absolutního jitteru v  $\mu$ s a absolutního shimmeru v dB.



Tabulka 19. Výzkumná skupina – hodnoty délky trvání, minimální, maximální a průměrné intenzity a relativního a absolutního jitteru a shimmeru (Vlastní práce)

Proband	Délka	Min. RMS	Max. RMS	Aver. RMS	Relat. jitter	Absol. jitter	Relat. shimmer	Absol. shimmer
1	18,375	-62,103	-16,160	-27,137	0,111	2,328	0,821	0,075
	18,477	-56,950	-16,623	-27,750	0,165	3,513	1,151	0,109
2	14,882	-69,167	-32,587	-42,380	0,137	5,801	0,996	0,089
	18,985	-74,890	-36,377	-46,113	0,165	7,163	1,183	0,104
3	13,823	-82,290	-44,510	-56,163	0,267	9,695	2,189	0,193
	12,257	-75,650	-38,643	-49,167	0,199	7,222	2,097	0,192
4	6,553	-79,277	-34,747	-42,067	0,236	8,233	1,840	0,186
	13,136	-74,370	-32,937	-43,617	0,186	6,678	1,831	0,162
5	10,638	-81,177	-39,283	-49,290	0,294	9,391	2,055	0,175
	13,159	-75,827	-33,763	-42,847	0,265	8,383	1,893	0,164
6	7,840	-60,673	-35,350	-40,197	0,368	12,161	3,624	0,334
	8,172	-64,320	-29,790	-34,727	0,391	12,802	3,092	0,264
7	11,825	-61,553	-30,097	-37,330	0,112	4,087	0,989	0,089
	13,698	-53,867	-25,580	-34,627	0,093	3,431	0,860	0,075
8	21,737	-74,293	-37,800	-51,277	0,251	19,318	4,619	0,417
	22,449	-64,057	-29,983	-45,790	0,233	18,136	3,622	0,299
9	9,207	-63,287	-30,660	-39,040	0,228	8,838	1,312	0,125
	13,191	-66,457	-34,973	-46,037	0,199	7,674	1,589	0,147
10	15,393	-69,403	-18,917	-31,550	0,167	4,489	0,877	0,077
	13,557	-61,620	-16,587	-28,113	0,185	4,998	0,902	0,071
11	18,185	-60,667	-22,107	-32,990	0,255	8,193	4,025	0,408
	30,998	-57,100	-20,317	-33,323	0,295	8,481	2,168	0,188
12	10,772	-64,647	-27,420	-37,470	0,423	24,907	4,581	0,432
	8,983	-55,807	-24,657	-32,843	0,494	29,617	5,812	0,508
13	11,466	-56,293	-24,843	-34,840	0,208	6,606	1,288	0,121
	11,663	-56,587	-18,600	-30,207	0,270	8,570	1,568	0,118
14	17,211	-58,397	-35,157	-45,527	0,485	21,776	2,375	0,242
	15,555	-66,770	-36,973	-46,853	0,352	16,510	1,588	0,170
15	7,010	-67,963	-36,590	-44,240	0,513	19,985	2,621	0,225
	7,768	-66,933	-33,863	-42,407	0,331	12,942	2,396	0,182
16	11,547	-67,890	-32,937	-43,000	0,371	13,334	3,072	0,274
	7,468	-65,213	-29,290	-38,220	0,291	10,557	2,547	0,229

*Vysvětlivky:* Hodnoty délky trvání jsou uvedeny v sekundách, hodnoty minimální, maximální a průměrné intenzity v dBFS (na škále minus nekonečno až nula), hodnoty relativního jitter a shimmeru v procentech, hodnoty absolutního jitteru v mikrosekundách ( $\mu$ s) a hodnoty absolutního shimmeru v dB.

Tabulka 20. Kontrolní skupina – hodnoty délky trvání, minimální, maximální a průměrné intenzity a relativního a absolutního jitteru a shimmeru (Vlastní práce)

Proband	Délka	Min. RMS	Max. RMS	Aver. RMS	Relat. jitter	Absol. jitter	Relat. shimmer	Absol. shimmer
1	15,975	-92,757	-40,873	-50,153	0,096	1,994	0,776	0,073
	18,819	-92,957	-35,430	-47,173	0,077	1,596	0,698	0,061
2	16,417	-74,717	-37,933	-49,833	0,268	19,192	2,002	0,183
	14,434	-81,870	-37,143	-49,097	0,316	22,944	2,719	0,249
3	18,697	-77,653	-36,930	-48,783	0,303	12,657	1,618	0,138
	15,837	-76,460	-33,897	-43,940	0,192	8,119	1,519	0,122
4	11,025	-89,430	-40,340	-50,840	0,228	8,074	1,894	0,178
	12,182	-82,663	-42,327	-53,870	0,197	7,083	1,928	0,174
5	9,367	-85,190	-38,830	-47,847	0,372	16,005	2,301	0,207
	8,268	-82,160	-39,443	-47,093	0,298	12,860	1,907	0,163
6	11,593	-79,997	-37,817	-49,357	0,483	19,642	2,420	0,225
	9,196	-84,380	-39,513	-49,117	0,431	17,206	1,894	0,203
7	11,152	-76,517	-38,023	-48,213	0,246	7,820	1,575	0,153
	10,462	-86,520	-38,147	-48,363	0,245	7,822	1,802	0,150
8	22,903	-71,467	-32,923	-43,567	0,176	13,588	2,066	0,194
	19,618	-68,020	-32,527	-45,183	0,248	19,083	2,372	0,229
9	7,673	-74,140	-35,200	-40,917	0,291	9,595	2,988	0,267
	7,725	-72,510	-36,577	-42,743	0,372	12,331	3,375	0,309
10	9,535	-74,650	-27,053	-34,620	0,123	4,544	1,138	0,105
	9,752	-58,990	-27,833	-35,567	0,130	4,820	1,254	0,117
11	24,813	-63,513	-31,670	-47,363	0,253	19,646	3,560	0,321
	24,184	-81,573	-32,007	-44,697	0,218	16,610	2,994	0,254
12	12,553	-70,050	-31,873	-42,637	0,274	10,569	1,850	0,183
	14,361	-66,520	-31,170	-43,343	0,241	9,020	1,754	0,167
13	10,808	-58,600	-21,767	-31,190	0,142	3,857	0,800	0,071
	11,818	-57,753	-22,197	-31,177	0,143	3,841	0,821	0,073
14	24,390	-73,007	-20,697	-32,500	0,139	4,235	1,937	0,168
	18,921	-62,187	-25,873	-35,557	0,272	8,253	1,511	0,143
15	18,184	-67,767	-34,313	-45,390	0,304	14,230	2,769	0,248
	16,997	-61,527	-35,573	-45,917	0,344	13,657	1,732	0,155

*Vysvětlivky:* Hodnoty délky trvání jsou uvedeny v sekundách, hodnoty minimální, maximální a průměrné intenzity v dBFS (na škále minus nekonečno až nula), hodnoty relativního jitter a shimmeru v procentech, hodnoty absolutního jitteru v mikrosekundách ( $\mu$ s) a hodnoty absolutního shimmeru v dB.