

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra biofyziky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

HLOUBKA VLOŽENÍ LARYNGOSKOPU DO ÚST PŘI LARYNGOSKOPICKÉM VYŠETŘENÍ:

IMPLIKACE PRO SNÍMÁNÍ HLADINY AKUSTICKÉHO TLAKU MIKROFONEM

PŘIPEVNĚNÝM K LARYNGOSKOPU



VYPRACOVALA: BC. DOMINIKA VALÁŠKOVÁ

STUDIJNÍ OBOR: BIOFYZIKA

VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE: DOC. RNDR. JAN ŠVEC, PH.D. ET PH.D.

OLMOUC 2020

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. RNDr. Janu Švecovi, Ph.D. et Ph.D. za odbornou pomoc při zpracování mé práce, trpělivost při vedení, podnětné rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky. Dále děkuji Hlasovému a sluchovému centru Praha, zejména prim. MUDR. Jitce Vydrové za možnost pořídit fotografie a všem pacientům, kteří byli ochotni se focení zúčastnit. V neposlední řadě děkuji i svým rodičům, sestře a příteli za veškerou podporu při psaní mé diplomové práce.

Diplomová práce souvisí s řešením výzkumného projektu GAČR 19-04477S „Modelování a měření strukturálně-akustických interakcí s prouděním v biomechanice tvorby hlasu člověka“ a výzkumného projektu TAČR TH04010422 "VKG 3.0",

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením doc. RNDr. Jana Švece, Ph.D. et Ph.D. a za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne.....

Souhrn

Autor: Bc. Dominika Valášková

Název: Hloubka vložení laryngoskopu do úst při laryngoskopickém vyšetření: Implikace pro snímání hladiny akustického tlaku mikrofonem připevněným k laryngoskopu

Typ práce: Diplomová práce

Pracoviště: Katedra Biofyziky

Vedoucí práce: doc. RNDr. Jan Švec, Ph.D. et Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2020

Abstrakt: Cílem této diplomové práce bylo zjistit průměrnou hloubku vsunutí rigidního laryngoskopu do úst při laryngoskopickém vyšetření a její variabilitu. Variabilita této vzdálenosti umožňuje odhadnout nejistoty měření hladiny akustického tlaku snímaného mikrofonem připevněným k laryngoskopu. Pro měření byly využity fotografie 40 dospělých mužů, 40 dospělých žen a 20 dětí pořízených během jejich laryngoskopického vyšetření v Hlasovém a sluchovém centru Praha. K vyšetření byly použity tři typy laryngoskopů firmy Xion s různými úhly pohledu – 1) 90° (pro strobolaryngoskopii), 2) 70° (pro videokymografii), 3) 90° (pro videokymografii). U dospělých byly zjištěny následující průměrné hloubky vsunutí laryngoskopu do úst: 1) $9,1 \pm 0,7$ cm, 2) $9,31 \pm 0,98$ cm a 3) $9,2 \pm 0,7$ cm. Statistický rozdíl hloubky vsunutí do úst se mezi 1) a 3) laryngoskopem ukázal jako statisticky nevýznamný ($p = 0,4906$, párový t-test) a mezi 1) a 2) laryngoskopem jako statisticky významný ($p = 0,0167$, párový t-test). Rozdíl mezi muži a ženami se ukázal jako statisticky velmi významný ($p = 0,000001$, t-test). U dětí byla zjištěna statisticky významná silná až střední kladná korelace hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s věkem ($r_{v\check{e}} = 0,528$, $p_{v\check{e}} = 0,017$ Spearmanův test) a výškou ($r_{v\check{y}} = 0,731$, $p_{v\check{y}} = 0,0003$ Spearmanův test). U dospělých významná korelace s výškou a věkem nebyla pozorována. V případě umístění mikrofonu ve vzdálenosti $17,27 \pm 0,06$ cm od konce laryngoskopu (vzdálenost používaná firmou Xion) byla průměrná vzdálenost mikrofonu od úst $8,2 \pm 0,7$ cm při nerozlišování mužů a žen. Průměrná interindividuální variabilita hloubky vsunutí laryngoskopu do úst je $\pm 1,49$ cm (2σ , 95% interval spolehlivosti) a v takové vzdálenosti může způsobit variabilitu hladiny akustického tlaku (SPL) mezi -1,7 dB a +1,4 dB. Pro zmenšení neurčitosti měření SPL vlivem variability vzdálenosti pod ± 1 dB by bylo třeba umístit mikrofon do vzdálenosti cca 23 cm od konce laryngoskopu. Naměřené hodnoty poskytují informaci o očekávaných nejistotách měření hladiny akustického tlaku hlasu pacienta při laryngoskopickém vyšetření.

Klíčová slova: hloubka vsunutí laryngoskopu do úst, laryngoskopie, hladina akustického tlaku

Počet stran: 68

Jazyk: Čeština

Summary

Author: Bc. Dominika Valášková

Title of thesis: Depth of laryngoscope insertion in the mouth during laryngoscopic examinations: Implications for measurements of sound pressure level by a microphone attached to the laryngoscope

Type of thesis: Diploma thesis

Department: Department of biophysics

Supervisor: doc. RNDr. Jan Švec, Ph.D. et Ph.D.

The year of defence: 2020

Abstract: The aim of this thesis was to find out the depth of insertion of the rigid laryngoscope in the mouth during laryngoscopic examinations and its variability. Variability of this depth allows estimating uncertainties of the measurement of the sound pressure level captured by a laryngoscope-attached microphone. Photographs of 40 adult males, 40 adult females and 20 children were taken during patient examinations at the Voice and Hearing Center in Prague and used for the measurements. For the examinations, three types of laryngoscopes manufactured by Xion company with different angles of view were used: 1) 90° (used for strobolaryngoscopy), 2) 70° (used for videokymography), 3) 90° (used for videokymography). The results reveal that the respective average depths of laryngoscope insertion were: 1) $9,1 \pm 0,7$ cm, 2) $9,31 \pm 0,98$ cm and 3) $9,2 \pm 0,7$ cm. Differences between 1) and 3) laryngoscopes were found to be statistically insignificant ($p = 0,4906$, pair t-test), but between 1) and 2) were statistically significant ($p = 0,0167$, pair t-test). The male-to-female difference were found to be highly statistically significant ($p = 0,000001$, t-test). In children, we found significant correlation of the depth of insertion in the mouth with age ($r_{v\check{e}} = 0,528$, $p_{v\check{e}} = 0,017$ Spearman test) and height ($r_{v\check{y}} = 0,731$, $p_{v\check{y}} = 0,0003$ Spearman test). For adults, significant correlations with height and age were not observed. For the microphone attached at the distance of $17,27 \pm 0,06$ cm from the end of the laryngoscope (i.e., the distance utilized by the Xion company), the average mouth-to-microphone distances for adults were $8,2 \pm 0,7$ cm. The average observed variability of the depth of insertion was $\pm 1,49$ cm (2σ , 95% confidence interval) and can cause theoretical variability in sound pressure levels from -1,7 dB to +1,4 dB at such microphone placement. To decrease this sound pressure level variability to less than ± 1 dB, the microphone should be attached at the distance of cca 23 cm from the end of the laryngoscope. The measured data provide information about the expected uncertainties of the sound pressure levels of voice in laryngoscopically examined patients.

Key words: depth of laryngoscope insertion in mouth, laryngoscopy, sound pressure level

Number of pages: 68

Language: Czech

Seznam zkratek

ANSPNS = vzdálenost mezi *spina nasalis anterior* a *spina nasalis posterior*

ATLPTM = vzdálenost mezi *tuberculum anterius* a *fisura pterygomaxillaris*

F – female – označení ženy při měření

M – male – označení muže při měření

Ozn. – označení skupiny/jedince

Prům. – průměr

Sm.od./Směr.odch. – směrodatná odchylka

SPL – sound pressure level – hladina akustického tlaku

Stř.ch.p. – střední chyba průměru

VKG – videokymografii

Vzdálen.- vzdálenost

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. PŘEHLED PROBLEMATIKY.....	2
2.1. HLAS.....	2
2.1.1. Hlasotvorné ústrojí.....	2
2.1.1.1. Dechové ústrojí (respirační)	2
2.1.1.2. Ústrojí tvořící zvukové kmity (fonační)	3
2.1.1.3. Rezonanční ústrojí	4
2.1.2. Vznik hlasu.....	4
2.2. LARYNGOSKOPIE	6
2.2.1. Nepřímá laryngoskopie.....	6
2.2.2. Flexibilní laryngoskopie	6
2.2.3. Rigidní laryngoskopie.....	7
2.2.4. Přímá laryngoskopie.....	8
2.3. LARYNGOSKOPICKÉ METODY ZOBRAZOVÁNÍ KMITŮ HLASIVEK	8
2.3.1. Stroboskopie	8
2.3.2. Videokymografie (VKG)	9
2.4. LARYNGOSKOPICKÉ VYŠETŘENÍ.....	10
2.5. LARYNGOSKOPY	11
2.6. HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU.....	12
2.6.1. Zákon vzdálenosti	13
2.6.2. Hladina akustického tlaku při fonaci.....	15
2.7. ROZMĚRY LIDSKÉHO TĚLA	16
2.7.1. Výška.....	16
2.7.2. Velikosti dutiny ústní a její závislost na věku a výšce.....	18
2.8. FORMULOVÁNÍ TEORETICKÝCH HYPOTÉZ HLOUBKY VSUNUTÍ LARYNGOSKOPU DO ÚST	21
2.8.1. Teoretická hloubka vsunutí laryngoskopu do úst podle pohlaví a délky vokálního traktu.....	21
2.8.2. Korelace hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s věkem a výškou	22
2.8.3. Teoretické rozdíly hloubky vsunutí mezi jednotlivými laryngoskopy	23
2.8.4. Interindividuální variabilita hloubky vložení laryngoskopu do úst.....	25
2.8.5. Intraindividuální variabilita hloubky vložení laryngoskopu do úst.....	25
2.9. SHRnutí HYPOTÉZ	25
3. CÍL PRÁCE	27
4. MATERIÁL A METODY	28
4.1. POUŽITÝ MATERIÁL A VYBAVENÍ.....	28
4.2. URČENÍ ROZMĚRŮ LARYNGOSKOPŮ	28
4.3. KALIBRACE FOTOGRAFIÍ POUŽITÝCH PRO MĚŘENÍ HLOUBKY VSUNUTÍ LARYNGOSKOPU DO ÚST	32
4.4. MĚŘENÍ HLOUBKY VSUNUTÍ LARYNGOSKOPU DO ÚST	35

4.5. ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	37
5. VÝSLEDKY	40
5.1. ROZMĚRY LARYNGOSKOPŮ POUŽÍVANÝCH PŘI VYŠETŘENÍ	40
5.2. HLOUBKA VSUNUTÍ LARYNGOSKOPŮ DO ÚST	40
5.2.1. VÝSLEDKY PRO LARYNGOSKOP Č.1	41
5.2.2. VÝSLEDKY PRO LARYNGOSKOP Č.2	42
5.2.3. VÝSLEDKY PRO LARYNGOSKOP Č.3	43
5.3. NORMALITA DAT.....	43
5.4. ROZDÍL MEZI MUŽI A ŽENAMI.....	44
5.5. KORELACE HLOUBKY VSUNUTÍ LARYNGOSKOPU DO ÚST S VÝŠKOU A VĚKEM	46
5.6. INTRAINVIDUÁLNÍ VARIABILITA	48
5.7. INTERINDIVIDUÁLNÍ VARIABILITA.....	49
6. DISKUZE	53
6.1. HLOUBKA VSUNUTÍ LARYNGOSKOPU DO ÚST V ZÁVISLOSTI NA DÉLCE VOKÁLNÍHO TRAKTU.....	53
6.2. KORELACE HLOUBKY VSUNUTÍ LARYNGOSKOPU DO ÚST S VĚKEM A VÝŠKOU	56
6.3. ROZDÍLY HLOUBKY VSUNUTÍ LARYNGOSKOPU DO ÚST MEZI 70° A 90° LARYNGOSKOPEM	56
6.4. STATISTICKÉ ROZDÍLY HLOUBKY VSUNUTÍ LARYNGOSKOPU DO ÚST MEZI MUŽI A ŽENAMI	58
6.5. OČEKÁVANÉ NEPŘESNOSTI MĚŘENÍ HLADINY AKUSTICKÉHO TLAKU VLIVEM VARIABILITY HLOUBKY VLOŽENÍ LARYNGOSKOPU DO ÚST	59
6.5.1. <i>Intraindividuální variabilita</i>	59
6.5.2. <i>Interindividuální variabilita</i>	59
7. ZÁVĚR	64
8. SEZNAM LITERATURY.....	66
9. PŘÍLOHY	

1. Úvod

Hlas je nedílnou každodenní součástí našeho života. V případě hlasových problémů je třeba provést vyšetření hlasu, jehož stěžejní součástí je vyšetření pomocí laryngoskopie, které provádí lékař (laryngolog či foniatr). Laryngoskopické vyšetření poskytuje pohled na hrtan a hlasivky, který lze zaznamenat pomocí videokamery. Společně s tím je vhodné zaznamenat i zvuk hlasu pomocí mikrofonu, který bývá umístěn přímo na videokameře připevněné k laryngoskopu. Zvuk z mikrofonu lze použít k poslechu hlasu ze záznamu a také k měření vlastností hlasu, včetně hladiny akustického tlaku, která napovídá o hlasitosti produkovaného hlasu. Hladina akustického tlaku však závisí na vzdálenosti mikrofonu od úst, a proto je třeba tuto vzdálenost vzít pro měření v úvahu.

Tato diplomová práce se zabývá laryngoskopickým vyšetřením s cílem zjistit, jaká je hloubka vsunutí laryngoskopu do úst. Protože mikrofon je připevněn přes videokameru přímo k laryngoskopu, tato hloubka určuje vzdálenost mikrofonu od úst při laryngoskopickém vyšetření a ovlivňuje měřenou hladinu akustického tlaku hlasu.

Pro určení výše zmíněného se v této diplomové práci používají fotografické snímky pořízené během laryngoskopického vyšetření v Hlasovém a sluchovém centru Praha. Práce se zaměřuje hlavně na hloubku vsunutí laryngoskopu do úst a její rozdílnost u mužů, žen a dětí. Zároveň zjišťuje u dětí souvislost s věkem a výškou.

2. Přehled problematiky

2.1. Hlas

Hlas je zvuk vznikající při průchodu hrtanového tónu (vytvořeného kmitáním hlasivek) rezonančními dutinami (Veldová 2007). Pro vznik hlasu musí existovat zdroj hlasu (procházející vzduch přes kmitající hlasivky), kde dochází k tvorbě primárního hlasu tzv. hrtanového tónu, a akustický filtr modulující primární hlas do výsledného hlasu (Frič a kol. 2011).

2.1.1. Hlasotvorné ústrojí

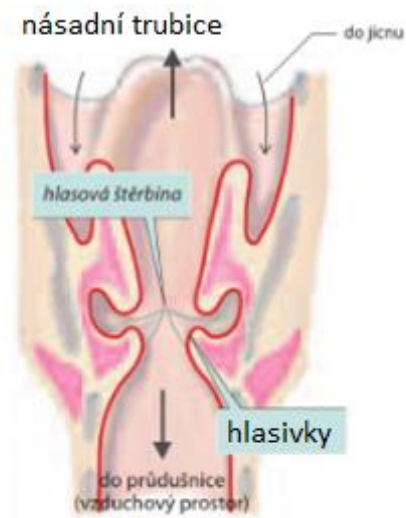
Klinickým pojmem hlasotvorné ústrojí označujeme anatomické struktury, které se podílejí na tvorbě hlasu (Chrobok a kol. 2011). Hlasotvorné ústrojí můžeme dále rozdělit: Šejna (2007) jej dělí na ústrojí dechové, fonační a artikulační. Názornější rozdělení zavádí Kejklíčková (2011), rozdělením ústrojí na dýchací ústrojí (respirační), ústrojí tvořící zvukové kmity (fonační) a rezonanční ústrojí.

2.1.1.1. Dechové ústrojí (respirační)

Hlavní funkcí dýchací soustavy je výměna plynů a zajištění přívodu kyslíku do plic, navíc však díky specializovaným orgánům se dýchací cesty podílejí na tvorbě hlasu (Kejklíčková 2011).

Opakovanými stahy dechového svalstva se střídá nádech, který je kratší, a výdech. Při nádechu je nasáván vzduch nosem a ústy přes otevřenou hlasovou štěrbinu. Pro tvorbu hlasu je nejdůležitější okamžik výdechu. Výdech je na rozdíl od nádechu děj pasivní, kdy vdechnutý vzduch v plicích je vytlačován z plic ven (Obrázek 1) (Kejklíčková 2011, Merkunová a Orel 2008)

Při dýchání je hlasová štěrbinu otevřena, hlasivky jsou oddáleny a vzduch může volně proudit. Jedná se o tzv. klidovou pozici (Beneš a kol. 2015a, Špačková 2015).



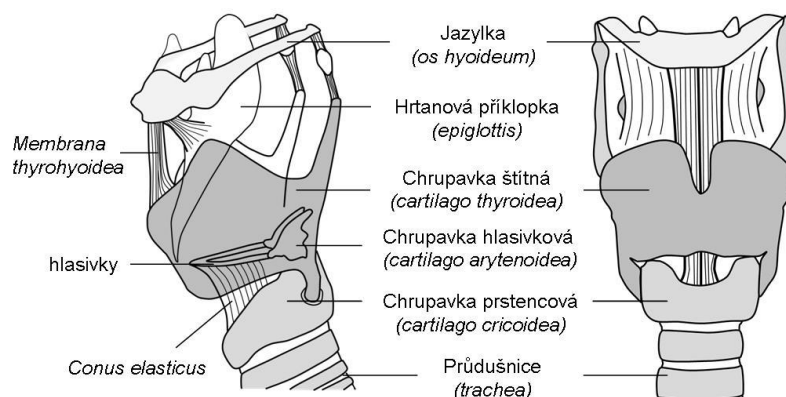
Obrázek 1: Řez hrtanem a proudění vzduchu hlasovou štěrbinou. Převzato z Silbernagl a Despopoulos (2016) a upraveno.

2.1.1.2. Ústrojí tvořící zvukové kmity (fonační)

Do fonačního ústrojí patří hrtan pokrytý sliznicí a veškeré svalstvo s ním spojené (svaly uvnitř hrtanu a zevní hrtanové svaly) určující polohu a napětí hlasivek. Hrtan je nepárový orgán nacházející se ve střední čáře krku ve výšce závisející na věku a pohlaví (Čoček 2007). U dospělého muže je vysoký $71,4 \pm 6,2$ mm a u dospělé ženy $60,0 \pm 4,7$ mm (Sprinzi a kol. 1999).

Hrtan se skládá z chrupavek spojených vazy a svaly. Vazy upínající se na hrtanové svaly zpevňují pohyblivé spoje mezi jednotlivými chrupavkami (Čoček 2007, Merkunová a Orel 2008).

Chrupavky tvořící hrtan dělíme na párové a nepárové. Mezi nepárové chrupavky patří chrupavka štítná, prstencová a hrtanová příklopka. Párové chrupavky jsou chrupavky hlasivkové, chrupavky rohové (*cartilago corniculata*) a klínové (*cartilago cuneiformis*) (Merkunová a Orel 2008, Rigutti 2006) (Obrázek 2). Chrupavky a svaly slouží především k nastavení hlasových vazů a hlasivkové štěrbinou (Silbernagl a Despopoulos 2016)



Obrázek 2: Stavba hrtanu a pohled z boku (vlevo) a zepředu (vpravo). Převzato z <http://pfyziolmysl.upol.cz>.

Při dýchání, mluvení a polykání se hrtan podle podnětů, buď z centrální nervové soustavy (volné podněty) nebo z periferní nervové soustavy (mimovolné podněty), aktivně nebo pasivně zdvihá či klesá (Rigutti 2006).

2.1.1.3. Rezonanční ústrojí

Jako rezonanční ústrojí neboli rezonanční systém označujeme veškeré vzduchem naplněné prostory nad hlasivkami, kam se šíří zvukové kmitání při hlasovém projevu (Chrobok a kol. 2011). Do rezonančních dutin patří hltan, dále dutina ústní, nosohltan, nosní dutina, a částečně vedlejší dutiny nosní (Beneš a kol. 2015a). Mezi nejdůležitější rezonanční prostory však patří vokální trakt, což je prostor mezi hlasivkami a dutinou ústní (a v případě nasalizace také dutina nosní), kde dochází k finální úpravě primárního hlasu (Veldová 2007).

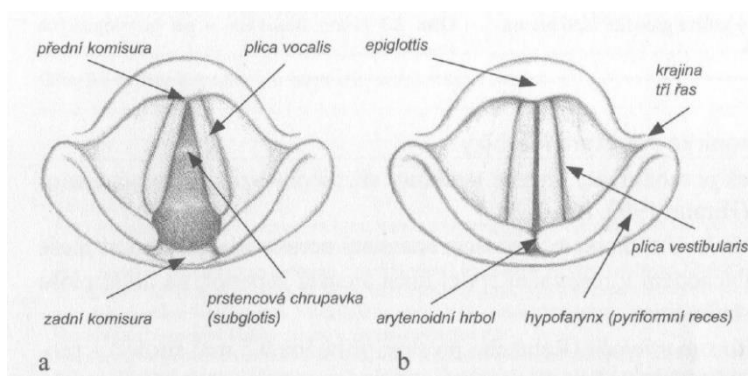
Primární hlas, tj. hlas vycházející z hrtanu, nemá totiž ještě podobu lidského hlasu. Tu získá právě až po průchodu rezonančními dutinami (Chrobok a kol. 2011). Rezonanční dutiny výrazným způsobem ovlivňují výslednou barvu a formantovou strukturu hlasu, jelikož rezonance primárního tónu je dána velikostí, tvarem, členěním a vlastnostmi stěn rezonančních prostorů (Chrobok a kol. 2011, Kejkličková 2011). Ke změně tvaru a velikosti rezonančních dutin dochází pohybem mluvidel (čelist, jazyk, stěny hltanu, zuby a rty) díky čemuž se v dutinách zesilují různé frekvenční oblasti a vzniká tak různé zabarvení hlasu (Beneš a kol. 2015a).

2.1.2. Vznik hlasu

Na tvorbě hlasu se kromě hlasotvorného ústrojí a mozku podílí i další nervová centra, která jsou uložena v mezimozku, mozečku a prodloužené míše (Sataloff 1992).

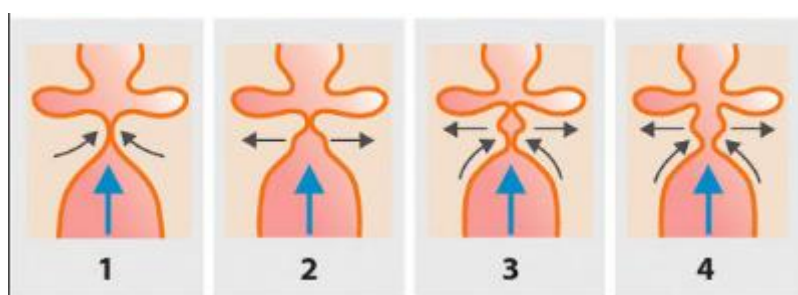
Před samotným začátkem fonace musí nejprve dojít k představě vzniku hlasu. Ta se přenáší do precentrálního záhybu v motorickém centru mozku. Odtud dále do motorických jader mozkového kmene a míchy. V mozku se následně vytváří instrukce pro aktivitu hrtanu, artikulátorů a dýchacích svalů. Všechny tyto instrukce se zkombinují s dalšími informacemi z extrapyramidového a autonomního nervového systému. Výsledkem celé této dráhy je zvuk, který je zpětně sluchem vyhodnocován a zpětnou vazbou vysílán přes mozkový kmen do mozkové kůry. Zde dochází ke korekci vyslovení hlásky, aby výsledný zvuk odpovídal původní představě (Sataloff 1992).

Během klidného dýchání je hlasová štěrbina otevřená v tzv. respirační poloze (Obrázek 3a). Před začátkem mluvení zaujmou hlasivky fonační postavení, kdy dochází jejich napnutí, přiblížení a uzavření hlasové štěrbiny (Obrázek 3b) (Špačková 2015).



Obrázek 3: Poloha hlasivek (a) respirační postavení, kdy je hlasová štěrbina při výdechu a nádechu otevřená; (b) fonační postavení, kdy se hlasové řasy napínají, dochází k jejich přiblížení a uzavření hlasové štěrbiny. Převzato z Chrobok a kol. (2011)

Při výdechu dochází k rozechvění hlasivek a k opakovanému otevírání a zavírání hlasové štěrbiny (Obrázek 4), čímž se vzduch nad hlasivkami zhušťuje a zředňuje. Tyto změny vnímáme jako tón (Beneš a kol. 2015a, Beneš a kol. 2015b). Nejedná se ale o hlas tak, jak ho známe, nýbrž o primární hlas, který zní slabě a řezavě (Palková 1997). Tvorbu a následnou úpravu primárního hlasu popisuje teorie zdroje a filtru (Herbst a Švec 2016, Fant 1970)



Obrázek 4: Pohyb hlasivek při kmitání. Převzato z Silbernagl a Despopoulos (2016).

2.2. Laryngoskopie

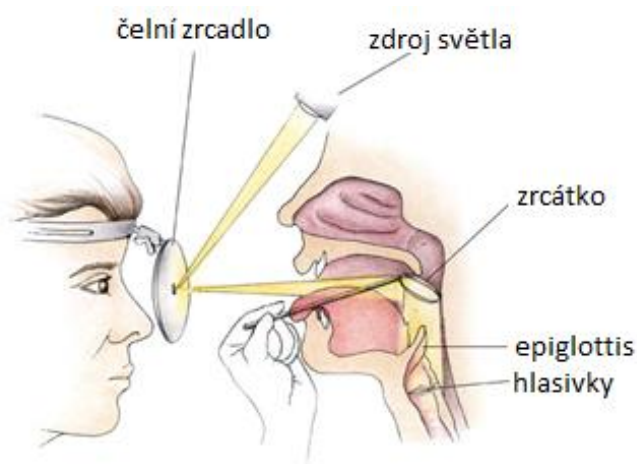
Laryngoskopie je základní a hlavní vyšetřovací metoda hrtanu. Laryngoskopické vyšetření můžeme provádět pomocí laryngoskopického zrcátka, zvětšovací optiky (tzv. zvětšovací laryngoskopie) nebo v celkové anestezii pomocí tzv. přímé laryngoskopie (Švec a kol. 2011).

Zvětšovací i přímá laryngoskopie využívají endoskopické přístroje, které mohou být ohebné (flexibilní) nebo neohebné (rigidní) (Schindler 2011).

2.2.1. Nepřímá laryngoskopie

Nepřímá laryngoskopie se provádí pomocí laryngoskopického zrcátka vloženého do ústní dutiny, kdy zadní část zrcátka se opírá o měkké patro (Obrázek 5). Jedná se o základní orientační vyšetření hrtanu, které lékaři umožní subjektivní zhodnocení pohyblivosti hrtanu a hypofaryngu. (Čoček 2007, Švec a kol. 2011)

Nevýhodou nepřímé laryngoskopie je její menší detailnost. Naopak její hlavní výhodou je jednoduchost a dostupnost vyšetření (Čoček 2007, Švec a kol. 2011, Xu 2019).



Obrázek 5: Ukázka provedení nepřímé laryngoskopie. Převzato z <https://www.eesom.com/> a upraveno.

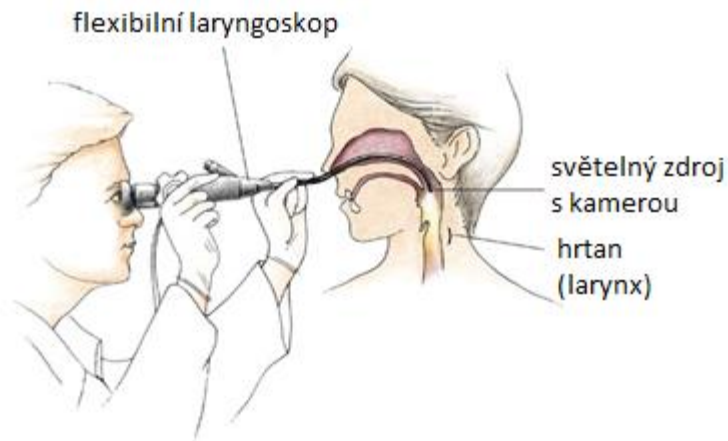
2.2.2. Flexibilní laryngoskopie

Flexibilní laryngoskopie je alternativní metoda zvětšovací laryngoskopie, kdy je flexibilní endoskop zaveden přes nos nad hrtanový vchod (Obrázek 6) (Švec a kol. 2011).

Hlavní výhodou této metody je vyšetření pacientů, kteří trpí silným dávivým reflexem a nosními, hltanovými nebo hrtanovými obtížemi (Švec a kol. 2011, Xu 2019). Další výhodou je flexibilní optické vlákno se silným osvětlením, které pronikne téměř všude.

Mimo jiné se může flexibilní laryngoskop přiblížit těsně k povrchu tkáně pro bližší pozorování (Xu 2019).

Tato metoda je doporučována především pro dětské pacienty, avšak studie podle Demirci a kol. (2015) ukázala, že většina dětských pacientů preferovala vyšetření rigidním laryngoskopem z důvodu bolesti a podráždění při vyšetření flexibilním laryngoskopem.

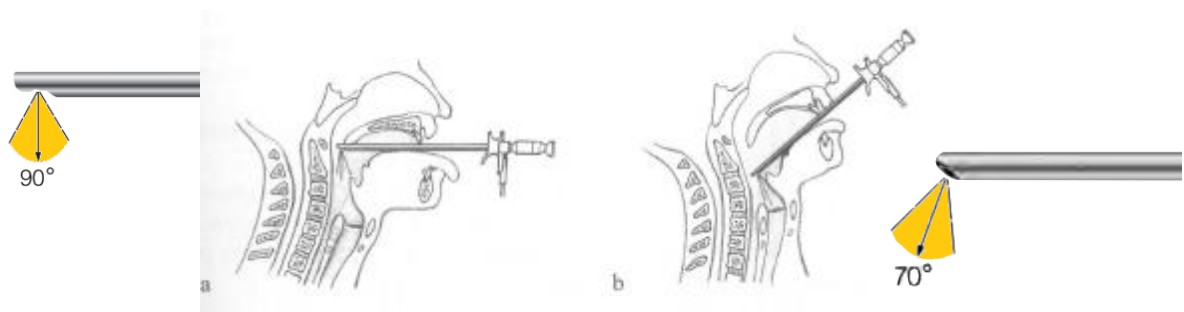


Obrázek 6: Ukázka provedení flexibilní laryngoskopie. Převzato z <https://www.eesom.com/> a upraveno.

2.2.3. Rigidní laryngoskopie

Rigidní laryngoskopie se provádí pomocí pevného (rigidního) laryngoskopu a umožňuje zvětšený pohled do hrtanu pomocí optiky pod 70° nebo 90° úhlem vidění (Obrázek 7). Navíc umožňuje detailní hodnocení povrchu a pohybu i kmitání hlasivek (Švec a kol. 2011).

Ačkoliv pro vyšetření dětských pacientů je doporučována především flexibilní laryngoskopie, podle publikace Wolf a kol. (2005) lze bezpečně a efektivně použít rigidní laryngoskopii u většiny dětí starších 10 let.



Obrázek 7: Zvětšovací laryngoskopie pomocí 90° optiky (a) a pomocí 70° optiky (b). Převzato z Švec a kol. (2011), <https://www.karlstorz.com> a upraveno.

2.2.4. Přímá laryngoskopie

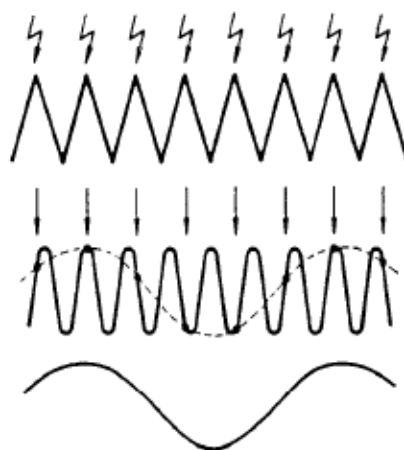
Přímá (direktní) laryngoskopie se provádí v celkové anestezii pacienta. Jedná se o operační techniku, která umožňuje kromě odběru vzorků tkáně i menší chirurgické zákroky. Nevýhodou této metody je, že v anestezii nelze posoudit pohyb hlasivek pacienta (Čoček 2007, Švec a kol. 2011), i když některé experimentální metody se o to pokoušejí (Heaton a kol. 2020).

2.3. Laryngoskopické metody zobrazování kmitů hlasivek

Pro zobrazení hrtanu a pozorování kmitů hlasivek se používá stroboskopie, videokymografie a vysokorychlostní videoendoskopie. Stroboskopie byla poprvé využita M.J. Oertelem v roce 1878 ke sledování kmitů hlasivek (Kastner a kol. 2009, Oertel 1878).

2.3.1. Stroboskopie

Hlasivky běžně kmitají frekvencí mezi 80 Hz (u mužů) až 300 Hz (u žen) během fonace. Podle Talbotova pravidla může lidské oko zachytit pouze pět snímků za vteřinu a každý odraz světla zanechává na sítnici obraz po dobu 0,2 s. Z toho vyplývá, že kmitání hlasivek je příliš rychlé na to, aby bylo vidět pouhým okem. Na tomto pravidle je založen stroboskopický efekt, kdy sled obrazů, které jsou prezentovány v kratším intervale, než je 0,2 s se člověku jeví jako kontinuálně se pohybující obrazy (Slaviček a kol. 2008, Xu 2019). Pro vizuální zpomalení pohybu hlasivek tedy stroboskopie využívá osvětlování pohybujících se hlasivek přerušovaným světlem, kdy frekvence světelných záblesků je o 1-2 Hz vyšší, než je frekvence kmitání hlasivek. Součtem jednotlivých obrazů je dosaženo rozfázovaného pohybu hlasivek do pomalejší vlny a kmitání hlasivek se tak opticky jeví jako zpomalený pohyb (Kastner a kol. 2009, Švec 1996, Xu 2019) (Obrázek 8).



Obrázek 8: Ukázka průběhu vlny ve stroboskopii. Hlasivky jsou osvětlovány záblesky o vyšší frekvenci, než je kmitání hlasivek. Záblesk proběhne vždy v jiné fázi vlny kmitu hlasivky, a tedy se nám jeví pohyb hlasivky jako zpomalený. Převzato z Hirano a Bless (1993).

Nevýhodou stroboskopické vyšetřovací metody je, že přesné posouzení kmitů hlasivek je podmíněno jejich pravidelným periodickým kmitáním. Pokud jsou tyto pohyby nějakým způsobem narušeny, nebo má pacient problém udržet stabilní tón, není splněna tato podmínka a stroboskopické vyšetření je problematické. Mohou zde vznikat iluzorní stroboskopické efekty, které vedou chybné interpretaci pohybu hlasivek. Dále u této metody nemožné zaznamenat rychlé (přechodové) děje na hlasivkách (Švec a kol. 1999, Švec a kol. 2011).

Kombinací stroboskopie s nahráváním videozáznamu vyšetření hrtanu vzniká videostroboskopie (strobovideolaryngoskopie). Pro diagnostické účely musí být videostroboskopický záznam posouzen vyškoleným odborníkem v souvislosti s analýzou hlasu a případnými dalšími klinickými nálezy (Slavíček a kol. 2008).

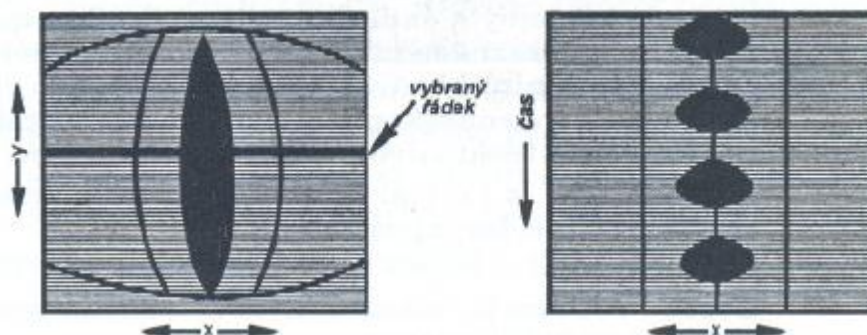
2.3.2. Videokymografie (VKG)

Slovo kymografie pochází z řečtiny a je složením slova *kyma* (vlna) a *grapho* (psát). Tato metoda založena na matematicko-optickém modelu příčného řezu hlasivkou a byla navržena J. Švecem a H.K. Schuttem v roce 1994 a uvedena do klinické praxe F. Šramem (Kastner a kol. 2009, Švec a kol. 1999).

Vyšetření u VKG je podobné jako u stroboskopie, avšak oproti stroboskopii umožňuje videokymografii objektivní sledování všech druhů kmitů hlasivek, navíc je i relativně finančně dostupná. Principem je snímání hlasivek kamerou v řádkovém módu, kdy kamera registruje snímky pouze z jednoho vybraného horizontálního řádku, a ne celého hrtanu. Jednotlivé obrazy z vybraného řádku jsou skládány v kymogramu za sebe (Obrázek 9) a

poskytují tak informaci o způsobu pohybu hlasivek ve vybraném místě v daném čase (Švec a kol. 2011, Švec a kol. 1999).

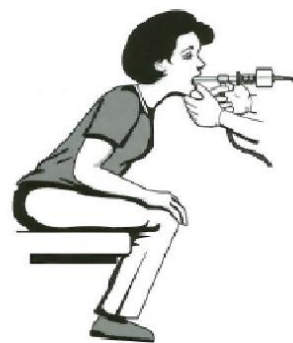
Metoda umožňuje vyšetřit jakoukoliv pozici (přední až zadní komisuru), popisuje frekvenci i amplitudu kmitů a přesně vyhodnocuje jednotlivé fáze otevírání a uzavírání glotické štěrbiny (Kastner a kol. 2009).



Obrázek 9: Ukázka principu videokymografie. Vlevo obraz hlasivek v normálním modu s vybraným řádkem. Vpravo videokymografický mód řádkových obrazů za sebou. Převzato z Švec a kol. (1999).

2.4. Laryngoskopické vyšetření

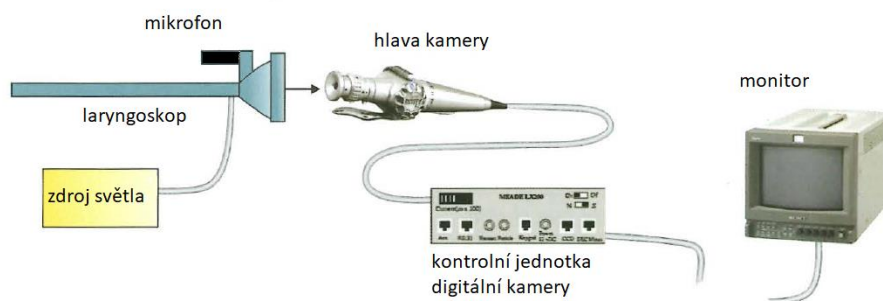
Laryngoskopické vyšetření se nejprve pacientovi vysvětlí a trvá pár minut. Při vyšetření rigidním laryngoskopem je pacient usazen do pozice znázorněné na obrázku 10, kdy je nakloněn vpřed, hlava a ramena směřují rovněž vpřed a jsou ve stejné ose s koleny, která jsou společně s chodidly u sebe. Lékař s použitím gázy povytáhne pacientův vypláznutý jazyk a vloží laryngoskop do úst, přičemž se nedotýká stěn dutiny ústní ani hrtanu. Následně pacient vysloví samohlásky [i:] nebo [e:]. Lékař sleduje pohyby hlasivek při dýchání a vyslovení samohlásek. Celé vyšetření je rovněž zaznamenáno a doprovázeno záznamem hlasu společně s monitorování hladiny akustického tlaku pomocí mikrofону upevněného na laryngoskopu (Schindler 2011, Sittel 2010, Woo 2010a).



Obrázek 10: Ukázka průběhu laryngoskopického vyšetření. Převzato z Sataloff R.T. (1992) (vlevo) a z Woo (2010a) (vpravo) a upraveno.

2.5. Laryngoskopy

Laryngoskopická sestava využívající se pro strobolaryngoskopii se skládá z endoskopu, zdroje světla, mikrofonu, kamery a nahrávacího zařízení (Obrázek 11). Pro stroboskopii můžeme využít jak rigidní (70° nebo 90°), tak flexibilní endoskop – oba mají své výhody i nevýhody (Woo 2010b).



Obrázek 11: Ukázka zapojeného laryngoskopu v laryngoskopické sestavě skládajícího se z endoskopu, zdroje světla, endoskopu, mikrofonu připevněného k laryngoskopu, kamery a nahrávacího zařízení. Převzato z Goetz a Benniger (2016) a upraveno.

Tabulka 1 uvádí vybrané laryngoskopy s úhlem pohledu 70° a 90° od různých firem. Zde je patrné, že různé laryngoskopy mají různé délky. Podle Shao a kol. (2002) poskytují laryngoskopy s úhlem pohledu 70° lepší vizualizaci než 90° laryngoskop. Podobné informace uvádí i Eller a kol. (2008), který ve své studii prokázal, že laryngoskop s 70° úhlem pohledu obsahuje statisticky více informací pro diagnózu přibližně až o 30%, v porovnání s ostatními laryngoskopy při vyšetření na podezření z refluxu.

Tabulka 1: Porovnání jednotlivých typů laryngoskopů od různých firem s důkazem kladeným na rozdílnou délku laryngoskopů. Převzato z katalogů a brožur firem <https://www.karlstorz.com>, <http://www.opivanordic.se>, <https://medical.olympusamerica.com>.

Firma	Název	Značení	Délka laryngoskopu [cm]	Průměr laryngoskopu [mm]	Úhel pohledu laryngoskopu [°]
Karl Storz	Tele-Laryngo.Pharyngoscope	8700 DKA	20	5,8	90
	Tele-Laryngo.Pharyngoscope	8707 DA	15	10	90
	BENJAMIN Tele-Laryngoscope	8700 CKA	19	5,8	70
	BENJAMIN Slimline Tele-Laryngoscope	8705 CKA	18	4	70
	Strobo-Laryngoscope	8706 CA	17	9,3	70
Xion	Zoom Laryngoscope	130 310 527	19,5	10	70
		130 310 529	19,5	10	90
		130 310 427	19,5	10	70
	Laryngoscope	130 310 429	19,5	10	90
		130 307 427	18	7	70
Olympus	HD Laryngoscope 90	WA96105A	16,7	10	90
	HD Laryngoscope 70	WA96100A	16,7	10	70

2.6. Hladina akustického tlaku

Zvuk je každé mechanické vlnění v pružném prostředí, které v lidském sluchovém orgánu vyvolá sluchový vjem a mozek jej vyhodnotí (Šejna 2007, Švec a Švec 2008). V plynu a kapalinách je vlnění podélné, kdy částice prostředí kmitají směrem shodným se směrem šíření vlny. Dochází tak ke zhuštění a zředění částic v prostředí. Akustická vlna nese zvukovou energii, kterou zdroj zvuku vyzářil. Akustická energie šířící se prostředím za jednotku času na jednotku plochy, která je postavená kolmo na směr šíření, se nazývá intenzita zvuku I s jednotkou watt na metr čtverečný ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) (Švec a Švec 2008).

V praxi popisujeme zvuk pomocí akustického tlaku p vyjádřeného v pascálech (Pa), což je změna atmosférického tlaku, kterou zvuk vyvolal. Rozsah slyšení u zdravého člověka je od prahu slyšení odpovídající $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ až po práh bolesti $p_b = 200 \text{ Pa}$ (Šejna 2007, Beneš a kol. 2015b).

Hladinu akustického tlaku označujeme z anglického spojení *sound pressure level* jako SPL, udáváme ji v decibelech (dB) a můžeme ji vyjádřit jako

$$L_p = 10 \log \frac{I}{I_0} \approx 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0}, \quad (1)$$

kde I je daná intenzita zvuku, I_0 je referenční intenzita, p_0 je referenční akustický tlak odpovídající $20 \mu\text{Pa}$ a p je sledovaný akustický tlak (Beneš a kol. 2015b, Everest a Pohlmann 2009, Gelfand 2016, White a White 2014).

Úpravou vzorce (1) na

$$\Delta L = 20 \log \frac{R \pm \Delta R}{R} \quad (2)$$

kde R je vzdálenost mikrofonu od úst (vnější délka laryngoskopu) a ΔR je variabilita této vzdálenosti, můžeme určit variabilitu hladiny akustického tlaku ΔL .

Vzorec (1) vychází z Fechner-Weberova zákona logaritmické závislosti mezi objektivním a subjektivním vjemem a také ze vztahu

$$I \propto p^2, \quad (3)$$

že intenzita zvuku I je úměrná kvadrátu akustického tlaku p (Everest a Pohlmann 2009, Gelfand 2016, White a White 2014)

SPL se užívá se k vyjádření energetické hladiny zvuku vztaženou k referenční hodnotě akustického tlaku $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ odpovídající prahu sluchu pro tón o frekvenci $1\,000 \text{ Hz}$. Pomocí SPL můžeme vyjádřit, jaký akustický výkon vyzařuje z úst a jak hlasitě člověk mluví. SPL vnímáme subjektivně jako hlasitost (Beneš a kol. 2015b).

Výhoda logaritmické stupnice ve vzorci (1) je, že zahrnuje velké rozsahy intenzit, které může lidské ucho zachytit. Pomocí logaritmického zápisu můžeme rovněž porovnat, kolikrát je zvuk z jednoho zdroje hlasitější než z druhého (Tashev 2009).

Hodnota hladiny akustického tlaku je ovlivněna prostředím a zvukovou kvalitou prostoru, ve které se zdroj zvuku a přijímač nachází (Fletcher a Rossing 2010).

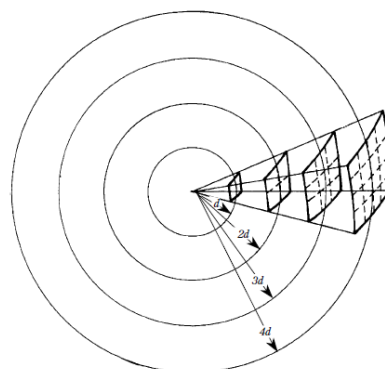
2.6.1. Zákon vzdálenosti

S rostoucí vzdáleností od zdroje (úst) klesá hladina akustického tlaku. Ve volném prostoru, kde okolní objekty neovlivňují šíření zvuku ze zdroje, se šíří zvuk rovnoměrně ve všech směrech (Obrázek 12) (Everest a Pohlmann 2009).

V ideálním tichém prostředí bez odrazivých ploch (při tzv. *free-field* podmínkách), můžeme teoreticky popsat vztah mezi hladinou akustického tlaku a vzdáleností mikrofonu od úst jako

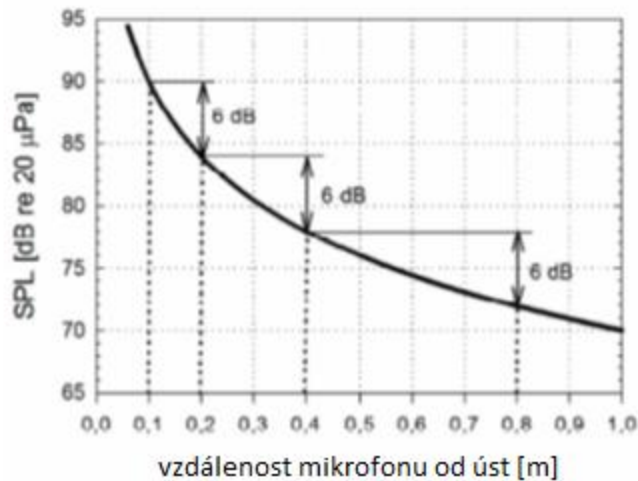
$$L_{p@d_2} = L_{p@d_1} - 20 \log_{10} \frac{d_2}{d_1}, \quad (4)$$

kde $L_{@d_2}$ a $L_{@d_1}$ jsou hladiny akustického tlaku při dvou různých vzdálenostech d_2 a d_1 (Obrázek 12) (Everest a Pohlmann 2009, Švec a Granqvist 2018).



Obrázek 12: Akustická energie je rovnoměrně rozložena do sférické vlny s rostoucím poloměrem d . Intenzita zvuku je nepřímo úměrná kvadrátu vzdálenosti od bodového zdroje. Převzato z Everest a Pohlmann (2009) a upraveno.

Tento vztah (4) je také znám jako zákon vzdálenosti. Graficky je zobrazen na obrázku 13, kde je možné vidět, že se hladina akustického tlaku změní o 6 dB při zdvojnásobení vzdálenosti mikrofonu od úst. Vztah (4) je však omezen pro velice malé vzdálenosti, které jsou srovnatelné s velikostí otevření úst (Švec a Granqvist 2018).



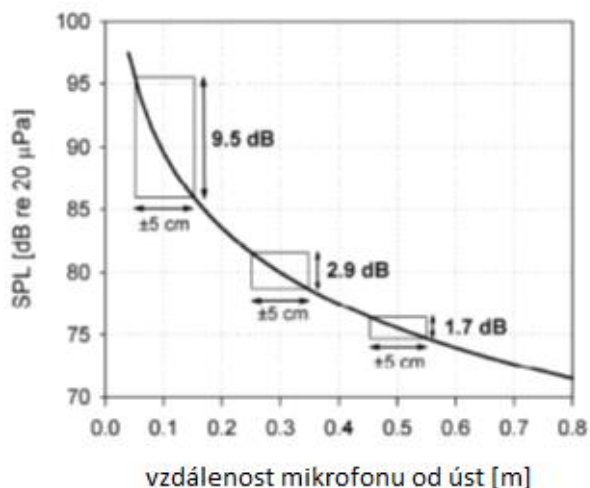
Obrázek 13: Závislost hladiny akustického tlaku na vzdálenosti mikrofonu od úst a označení změny při změně této vzdálenosti. Převzato z Švec a Granqvist (2018) a upraveno.

Vztah (4) lze rovněž využít pro přepočítání vzdáleností a určení, jak se bude měnit hladina akustického tlaku, pokud se vzdálenost mikrofonu od úst změní. Například budeme chtít vědět, jak se změní hladina akustického tlaku, pokud posuneme mikrofon či zdroj ze vzdálenosti $d_2 = 0,8$ m do $d_1 = 0,5$ m

$$L_{p@d_2} = L_{p@d_1} - 20 \log_{10} \frac{0,8}{0,5} = L_{p@d_1} - 4,08 \text{ dB.} \quad (5)$$

Ze vztahu (5) vidíme, že se hladina akustického tlaku změní o $-4,08$ dB při posunu zdroje/mikrofonu ze vzdálenosti $d_1 = 0,5$ m do vzdálenosti $d_2 = 0,8$ m. Tento přepočet však nelze použít pro vzdálenosti menší jak 5 cm, protože měření v těchto vzdálenostech je velmi problematické a vztah (5) je touto hodnotou tedy limitován (Švec a Granqvist 2018).

Mimo jiné můžeme vztah (4) použít k určení chyb při měření hladiny akustického tlaku z důvodu změn vzdáleností zdroje a mikrofonu. Měření hladiny akustického tlaku je citlivé vzhledem k změnám vzdálenosti. Pokud se například zdroj ve vzdálenosti 30 cm od mikrofonu posune o ± 5 cm, což je standardní pohyb stojícího pacienta, je změna hladiny akustického tlaku v rozmezí 2,9 dB (Obrázek 14). Pro stejnou změnu pro vzdálenost 10 cm zdroje od mikrofonu je tato změna hladiny akustického tlaku už 9,5 dB (Obrázek 14).



Obrázek 14: Ukázka chyb a změny hladiny akustického tlaku v závislosti na vzdálenosti mikrofonu od úst při změně vzdálenosti ± 5 cm. Převzato z Švec a Granqvist (2018) a upraveno.

Z tohoto důvodu nejsou vzdálenosti menší jak 30 cm doporučovány pro měření hladiny akustického tlaku, pokud není mikrofon upevněn k hlavě, z důvodu velké možné chyby měření. Zároveň měření ve vzdálenostech větších jak 30 cm může být ovlivněno odrazy zvuku v prostředí, ve kterém se měření provádí. To jsou některé základní důvody, proč byla vzdálenost 30 cm doporučena Unií Evropských Foniatristů jako standardní vzdálenost pro měření hladiny akustického tlaku fonací (Švec a Granqvist 2018).

Podle Wendlera (1992) by měření SPL při laryngoskopickém vyšetření mělo probíhat ve vzdálenosti 15 cm mikrofonu od úst za použití A vážení. Frekvenční rozsah mikrofonu by měl být dostatečně velký, aby pokryl oblast průměrné frekvence hlasu pro děti a dospělé.

Abychom chyby při měření hladiny akustického tlaku udrželi v hodnotách ± 1 dB, musí být změna vzdálenosti zdroje a mikrofonu ± 12 % vzdálenosti mikrofonu od zdroje. Pro vzdálenost 30 cm je tedy v takovém případě tolerována změna $\pm 3,6$ cm a pro vzdálenost 5 cm mikrofonu od zdroje je tolerována změna vzdálenosti $\pm 0,6$ cm (Švec a Granqvist 2018).

2.6.2. Hladina akustického tlaku při fonaci

Hladina akustického tlaku řeči závisí na hlasovém úsilí mluvícího člověka. Standardně se úsilí při řeči měří jako časově průměrovaná (ekvivalentní) hladina akustického tlaku ve vzdálenosti 1 m od mikrofonu s A-vážením (ČSN 9921:2003).

Souvislost mezi hlasovým úsilím a hladinou akustického tlaku uvádí tabulka 2 níže; hodnoty typické pro dospělé muže. Z této tabulky (Tabulka 2) plyne, že ekvivalentní A-vážená hladina akustického tlaku běžné řeči dospělého člověka je ve vzdálenosti 1 m od mikrofonu asi $L_p = 60$ dB (ČSN 9921:2003).

Tabulka 2: Očekávané ekvivalentní A-vážené hladiny akustického tlaku pro řeč u mužů (dB re 20μPa) při vzdálenosti 1 m mikrofonu od úst. Převzato z (ČSN 9921:2003).

Hlasové úsilí	$L_{p,A@1m}$ [dB]
Velmi hlasité	78
Hlasité	72
Zvýšené	66
Normální	60
Relaxované	54

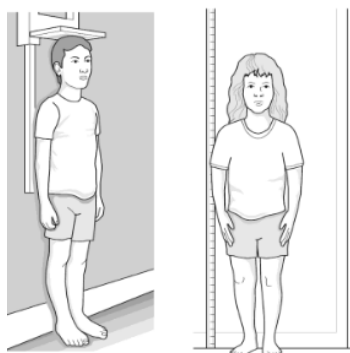
Pokud je hladina akustického tlaku v 1 metru větší než $L_p = 75$ dB, je kvalita řeči značně snížena a je těžší ji rozumět v porovnání s fonací při nižším hlasovém úsilí (ČSN 9921:2003).

Podle měření Šrámkové a kol. (2015) je nejtišší znělá fonace jakou člověk může vydat $L_F = 43,8 \pm 4,6$ dB pro ženy a $L_M = 38,8 \pm 5,9$ dB pro muže ve vzdálenosti 30 cm mikrofonu od úst (A-vážené, časově průměrované hodnoty v intervalu 1 s při fonaci samohlásky [a:]).

2.7. Rozměry lidského těla

2.7.1. Výška

Pro určení tělesné výšky měříme vzdálenost od vrcholku hlavy až po chodidla. K měření se používá například stadiometr nebo pásové měřidlo. Pacient stojí vzpřímeně vůči zdi, kotníky u sebe a přímým pohledem před sebe (Obrázek 15) (Hall a kol. 2006).

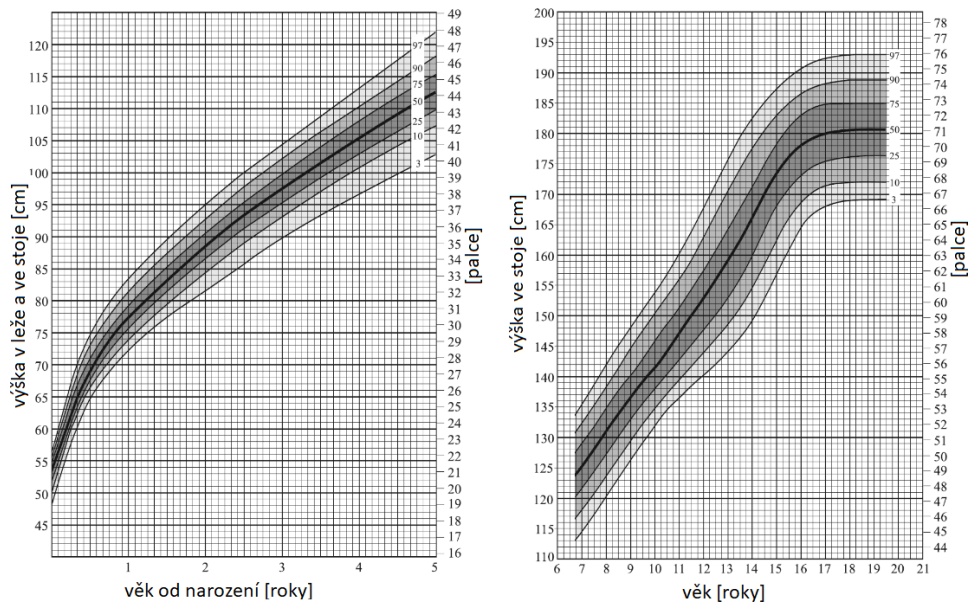


Obrázek 15: Ukázka měření výšky pomocí stadiometru (vlevo) a pásového měřidla (vpravo). Převzato z Hall a kol. (2006) a upraveno.

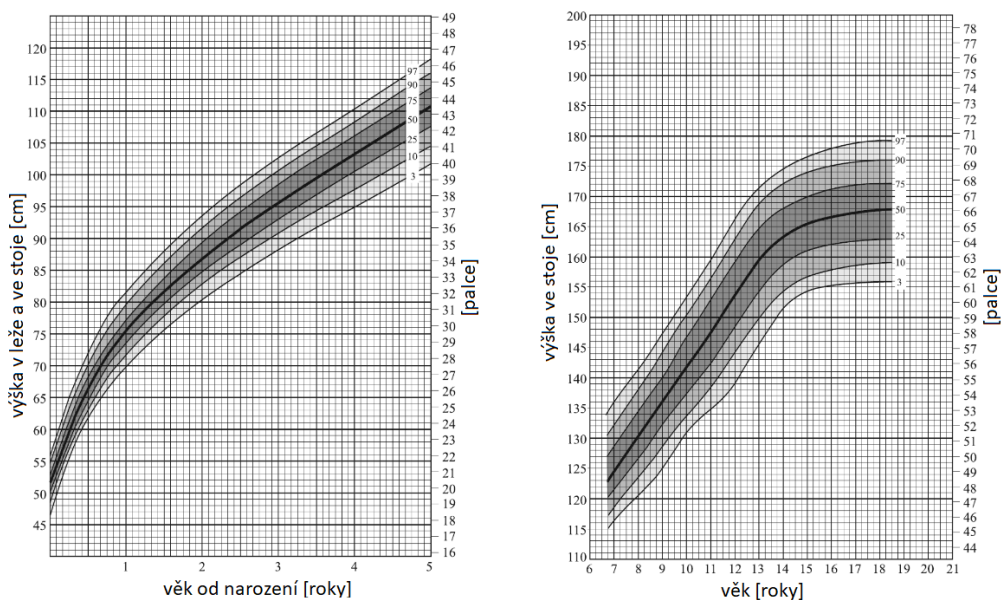
Výšku člověka můžeme porovnat s výškovými percentilovými grafy (Obrázek 16, Obrázek 17), které jsou však rozdílné pro Severní Ameriku a Evropu (Hall a kol. 2006).

Změřenou výšku lze díky percentilovým grafům porovnat s výškou vrstevníků. Podkladem pro percentilové grafy jsou národní referenční studie. V grafech jsou vyznačeny tzv. hlavní percentily, jedná se nejčastěji o 3., 10., 25., 50., 75., 90. a 97. percentil. Oblast

mezi 25. a 75. percentilem nazýváme pásmo střední tělesné výšky. Prostřední čára označující 50. percentil ukazuje střední hodnotu výšky v populaci. V rozsahu mezi 3. a 97. percentilem se nalézají 94 % dětí daného věku. Pod 3. a nad 97. percentilem jsou pouze 3 % dětí daného věku a tato oblast zahrnuje jedince malého a velkého vzrůstu i osoby s růstovou poruchou (Mojžišová 2008).



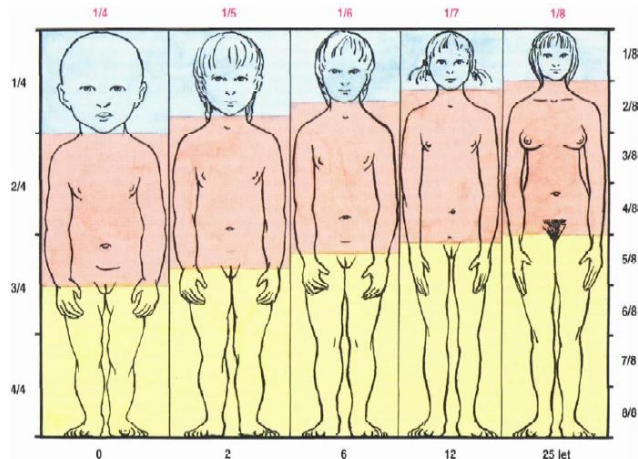
Obrázek 16: Závislost výšky evropského muže na věku od prvního věku života do dvaceti let. Převzato z Hall a kol. (2006) a upraveno.



Obrázek 17: Závislost výšky evropské ženy na věku od prvního věku života do dvaceti let. Převzato z Hall a kol. (2006) a upraveno.

2.7.2. Velikosti dutiny ústní a její závislost na věku a výšce

Tělesné proporce se značně mění během vývoje plodu a i po narození. Nejrychleji roste hlava, jejíž růst se začne zpomalovat až po prvním roce života (Hall a kol. 2006). V dospělosti je velikost hlavy pouze 12-13% délky těla (Obrázek 18) (Bukatko a Daehler 2012).

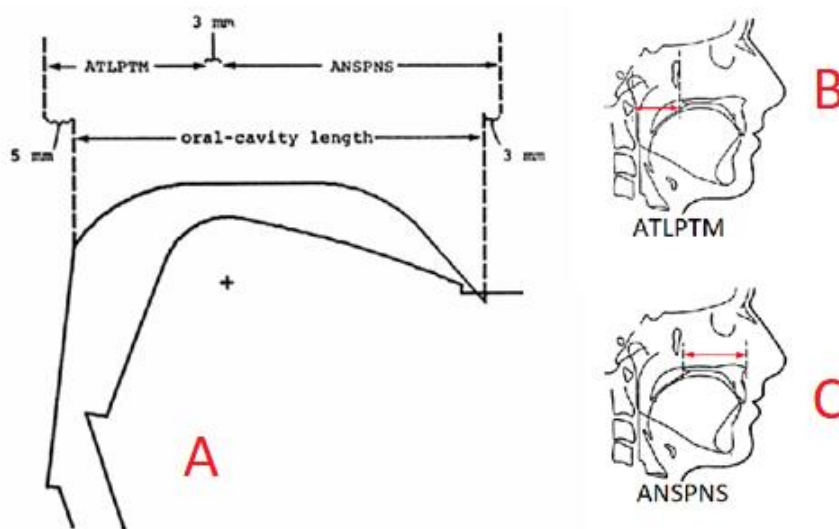


Obrázek 18: Změna tělesných proporcí v závislosti na věku. Zlomky na levé a pravé straně označují podíl rozměru těla ku celkové výšce. Horní zlomky označují poměrnou velikost hlavy při předozadním pohledu. Převzato z Čihák (2009) a upraveno.

Goldsteinová (1980) ve své práci určila délky vokálního traktu a dutiny ústní v závislosti na pohlaví a věku (Obrázek 19, Tabulka 3). Tyto hodnoty byly určeny z vytvořeného modelu založeného na měření z rentgenových snímků osob v klidové pozici se rty u sebe. Jako délka dutiny ústní byla označena vzdálenost mezi vrcholem horního řezáku až k dolnímu rohu zadní stěny hltanu (Obrázek 19a). Délka dutiny ústní byla tedy určována jako

$$\text{délka dutiny ústní} = ANSPNS + ATLPTM - 5 \text{ mm}, \quad (6)$$

kde ANSPNS je vzdálenost od *spina nasalis anterior* až k *spina nasalis posterior* (Obrázek 19b) a ATLPTM je vzdálenosti mezi *tuberculum anterius* a *fisura pterygomaxillaris* (Obrázek 19c).



Obrázek 19: Ukázka délky dutiny ústní, která je dána jako součet $ATLPTM + ANSPNS - 5\text{ mm}$ (A), kde $ATLPTM$ je vzdálenost mezi tuberculum anterius a fisura pterygomaxillaris (B) a $ANSPNS$ je vzdálenost mezi spina nasalis anterior a spina nasalis posterior (C). Převzato z Goldsteinová (1980).

Tabulka 3: Závislost průměrné horizontální délky dutiny ústní na věku a pohlaví, převzato z Goldsteinová (1980).

Věk	Délka dutiny ústní [mm]		Věk	Délka dutiny ústní [mm]	
	Muži	Ženy		Muži	Ženy
0	52,8	53,1	11	73,6	72,3
1	56,7	57,5	12	75,3	73,3
2	58,9	59,9	13	76,8	74,1
3	60,7	61,2	14	78,0	74,7
4	62,9	62,9	15	78,7	75,3
5	64,8	64,3	16	79,2	75,8
6	66,5	65,4	17	79,6	76,2
7	67,7	66,3	18	79,9	76,5
8	70,1	68,7	19	80,2	76,9
9	71,2	70,0	20	80,4	77,2
10	72,2	71,2	21	80,7	77,5

Podle měření Handelman a Osborne (1976) platí, že při růstu nosolhnanu je *spina nasalis posterior* přibližně 3 mm před *fisura pterygomaxillaris* pro všechny věkové skupiny. Z tohoto důvodu je na obrázku 19a mezi $ATLPTM$ a $ANSPNS$ vzdálenost 3 mm. Dále podle měření Broadbent a kol. (1975) je *spina nasalis anterior* asi 3 mm před začátkem horního řezáku pro všechny věkové kategorie. Z tohoto důvodu se vzdálenost mezi $ATLPTM$ a $ANSPNS$ prakticky vyruší (Obrázek 19).

Zadní stěna dutiny ústní zahrnuje svaly. Ardran a Kemp (1968) zjistili, že tato vrstva svalů je značně tlustší u novorozenců než u dospělých jedinců. Následné rentgenové snímky prokázaly, že tato vrstva se jeví tlustší pouze z důvodu menších rozměrů okolních struktur. Měření z rentgenových snímků tedy prokázalo, že tato vrstva svalů je tlustá asi 5 mm u novorozenců i dospělých jedinců. Proto vidíme vzdálenost 5 mm na obrázku 19, která je odečítána ze vzdálenosti $ATLPTM$.

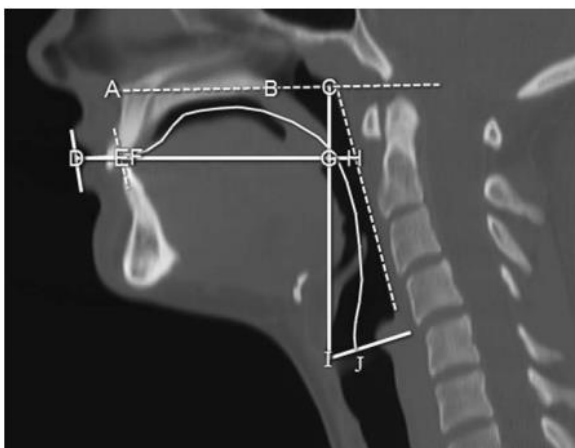
Podobné měření délky vokálního traktu, provedl Guzman a kol. (2013) u dospělého muže z jeho CT snímků. Průměrná délka dutiny ústní byla 91,25 mm, s tím, že byly pozorovány drobné změny této délky (v rozmezí cca 0,9 mm) při terapeutických cvičeních.

Délky, které však Guzman a kol. (2013) a Goldsteinová (1980) měřili, se liší (Obrázek 20). Ačkoliv obě měření zachycují délku dutiny ústní, měření podle Goldsteinové (1980) nezahrnuje do svého modelu část před ANSPNS, kterou však do svého měření zahrnuje Guzman a kol. (2013). Pokud použijeme CT snímek Guzmana a kol. (2013) a změříme zde struktury podle metody Goldsteinové (1980) (Obrázek 20, délka 1), obdržíme hodnoty přibližně 81,5 mm a 80,4 mm. Tyto výsledky odpovídají výsledkům měření Goldsteinové (1980) (Tabulka 3).

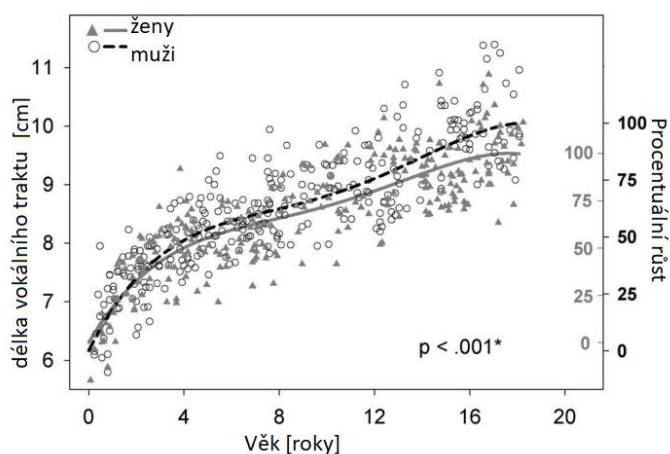


Obrázek 20: Měření délky/hloubky ústní dutiny, převzato z Guzman a kol. (2013) a upraveno. (1) měření dutiny ústní podle Guzman a kol. (2013), (2) měření dutiny ústní podle Goldsteinové (1980).

Další podobná měření prováděl Vorperian a kol. (2009) z 605 CT snímků mužů a žen od narození po 19 let (Obrázek 21, Obrázek 22). Dospěl k závěru, že rozdíly mezi muži a ženami v horizontální délce vokálního traktu (Obrázek 21 D-H) jsou statisticky velmi významné ($p < 0,0001$) a zřetelné od 4 roku a prohlubují se až do dospělosti (Obrázek 22).



Obrázek 21: Měření délky celého vokálního traktu (VTL) (D-J). VT-H horizontální vzdálenost bodů vokálního traktu (D-H), převzato z práce Vorperian a kol. (2009). Pro srovnání, Goldsteinová (1980) měřila vzdálenost E-C.



Obrázek 22: Závislost horizontální délky vokálního traktu na věku a pohlaví člověka. Převzato z publikace Vorperian a kol. (2009) a upraveno.

2.8. Formulování teoretických hypotéz hloubky vsunutí laryngoskopu do úst

Na základě výše zmíněného můžeme odvodit očekávané hloubky vsunutí podle délky vokálního traktu, pohlaví, výšky, věku a typu laryngoskopu. Zároveň můžeme teoreticky předpovědět předpokládanou korelaci hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s věkem a výškou.

2.8.1. Teoretická hloubka vsunutí laryngoskopu do úst podle pohlaví a délky vokálního traktu

Z tabulky 3 a obrázku 22 můžeme usoudit, že se bude hloubka vsunutí laryngoskopu do úst lišit mezi muži a ženami, jelikož rozdíl v hloubce dutiny ústní je patrný už po 4. roce věku a s postupujícím věkem dále narůstá. Zároveň je očekávaná větší hloubka vsunutí

laryngoskopu do úst u mužů než u žen, z důvodu výškových (i anatomických) rozdílů mezi muži a ženami (Obrázek 16, Obrázek 17) a rozdílnou horizontální délkou vokálního traktu (Tabulka 3, Obrázek 22).

Podle Vorperiana a kol. (2009) je průměrná hloubka ústní dutiny po 18. roce života u mužů okolo $h_{M01} = 10$ cm a u žen asi $h_{F01} = 9,5$ cm (Obrázek 22). Tyto průměrné hodnoty bychom mohli očekávat i pro průměrné hloubky vsunutí laryngoskopu do úst, avšak musíme uvažovat i způsob vložení laryngoskopu do úst. Laryngoskop se totiž nutně nedotýká zadní stěny dutiny ústní, a tedy lze předpokládat, že budou námi naměřené hodnoty o něco menší než předpokládané z měření podle Vorperiana a kol. (2009).

Z obrázku 22 můžeme také předpokládat, že rozdíl mezi muži a ženami v hloubce dutiny ústní bude přibližně $h_{MF1} = 0,5$ cm po 18. roce věku. Podle Goldsteinové (Tabulka 3) je rozdíl u mužů a žen po 18 roce asi $h_{MF2} = 0,32$ cm. Měření podle Goldsteinové však neobsahuje úsek D-E obsahující rty znázorněný na obrázku 21, který může dále ovlivnit výsledky.

Variabilitu hloubky vsunutí laryngoskopu do úst můžeme opět odhadnout z obrázku 22, kdy pod průměrnou hloubkou dutiny ústní $h_{M01} = 10$ cm u mužů jsou naměřeni i jedinci s hodnotami okolo $h_{M02} = 9$ cm a zároveň i jedinci v oblasti vyšší $h_{M03} = 10,5-11$ cm. Z těchto dat můžeme usoudit, že variabilita hloubky vsunutí laryngoskopu do úst se může pohybovat v hodnotách $h_{MV2} = 1,5-2$ cm u mužů. Stejně tak u žen, kdy variabilitu můžeme odhadnout na přibližně $h_{FV2} = 1,5$ cm.

2.8.2. Korelace hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s věkem a výškou

Jak už bylo zmíněno v kapitole 2.7.2, dochází ke změně tělesných proporcí v závislosti na věku (Obrázek 18). Z tohoto předpokladu můžeme usoudit, že bude existovat souvislost mezi hloubkou vsunutí laryngoskopu do úst s věkem i s výškou.

U dětí, jejichž poměr velikosti hlavy ke zbytku těla se s postupným věkem, a tedy s rostoucí výškou (Obrázek 16, Obrázek 17), zmenšuje, lze předpokládat silnější korelaci než u dospělých – silnou kladnou. Na obrázku 22 můžeme vidět strmý nárůst horizontální délky vokálního traktu v období 0 až 8 let, pozvolný ve věku 8 až 14 a následně mírný po 16. roce. Změnu můžeme pozorovat i v měření podle Goldsteinové (1980) (Tabulka 3), kdy horizontální délka vokálního traktu u mužů i žen se mění do 21. věku života. Z tohoto nárůstu můžeme opět usuzovat, že změna výšky potažmo vyšší věk budou korelovat se změnou horizontální délky vokálního traktu u dětí do přibližně 18. až 21. roku.

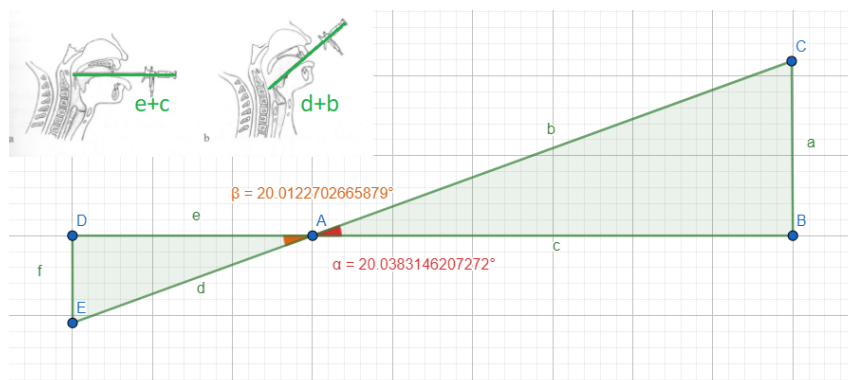
Horizontální délka vokálního traktu se po 21. roce s narůstajícím věkem, stejně tak s výškou, již dále výrazně nemění. Stejný dospělý pacient bude mít stejnou hloubku vsunutí laryngoskopu do úst i za pár let. Z důvodu ukončeného tělesného vývoje, který má za následek neměnnost výšky a velikosti hlavy, lze předpokládat, že po 21. roce nebude v naměřených datech korelace hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s věkem.

Rovněž lze předpokládat velmi slabou až žádnou korelaci hloubky vsunutí laryngoskopu do úst v závislosti na výšce u dospělých, opět z důvodu neměnnosti horizontální délky vokálního traktu a velikost hlavy při ukončeném růstu po 21. roce života.

2.8.3. Teoretické rozdíly hloubky vsunutí mezi jednotlivými laryngoskopy

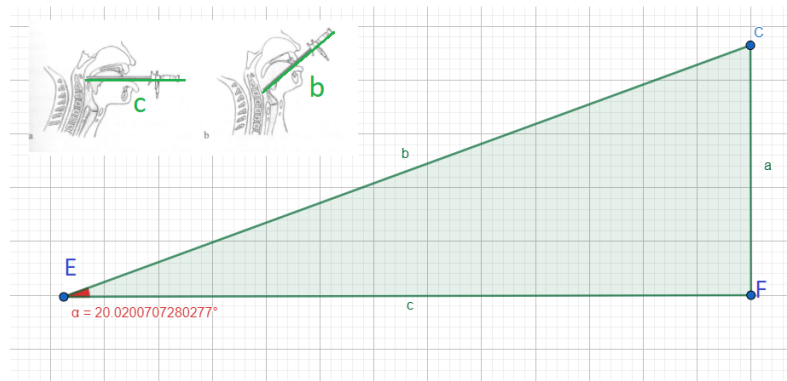
Pokud bychom předpokládali, že se pacient během vyšetření nepředklání a zadní stěna ústní dutiny je ve vertikální rovině, mohli bychom pro hloubku vsunutí laryngoskopu do úst odvodit následující.

Hloubka vsunutí prvního 90° laryngoskopu je dána jako $e + c$ a hloubka vsunutí druhého 70° laryngoskopu je dána jako $d + b$ (Obrázek 23). Bod, kde by se teoreticky oba laryngoskopy protnuly, označíme jako A. Zároveň předpokládáme, že konec laryngoskopu je umístěn v těsné blízkosti zadní stěny dutiny ústní, tedy v bodech D a E. Vzdálenosti a a f označují vertikální rozdíl polohy distálního a proximálního konce laryngoskopu v ústech (Obrázek 23). Úhel mezi vloženými laryngoskopy je $\alpha = 20^\circ$ (rozdíl mezi 90° ti a 70° ti stupňovým laryngoskopem), tudíž můžeme teoreticky odvodit poměr hloubek vsunutí laryngoskopů do úst.



Obrázek 23: Teoretické odvození hloubky vsunutí laryngoskopu do úst, když se laryngoskopy protínají v jednom bodě A, avšak nedotýkají se konci D a E. Strany $e + c$ jsou hloubka vsunutí 90° laryngoskopu do úst. Strany $d + b$ jsou hloubka vsunutí 70° laryngoskopu do úst. Obrázek s laryngoskopy – převzato z (Švec a kol 2011) a upraveno.

Po posunutí stran $e + c$ níže o vzdálenost f můžeme vytvořit následující trojúhelník (Obrázek 24).



Obrázek 24: Teoretické odvození hloubky vsunutí laryngoskopu do úst. Úprava a posunutí stran trojúhelníku na obrázku 23 - strana c (původně $e + c$) odpovídá hloubce vložení 90° laryngoskopu do úst. Strana b (původně $d + b$) odpovídá hloubce vložení 70° laryngoskopu do úst. Obrázek s laryngoskopy – převzato z (Švec a kol 2011) a upraveno.

Z obrázku 24 můžeme nyní můžeme názorněji odvodit teoretickou souvislost mezi hloubkou vsunutí 70° (Obrázek 24 strana b) a 90° (Obrázek 24 strana c) laryngoskopu.

Pro odvození vycházíme ze vztahu

$$\cos \alpha = \frac{c}{b}, \quad (7)$$

kde $\alpha = 20^\circ$ je úhel, který svírají strany b a c , tedy rozdíl mezi úhly způsobu pohledu laryngoskopu.

Po následné úpravě získáme poměr mezi hloubkou vložení 90° a 70° laryngoskopu jako

$$\frac{c}{b} = 0,94. \quad (8)$$

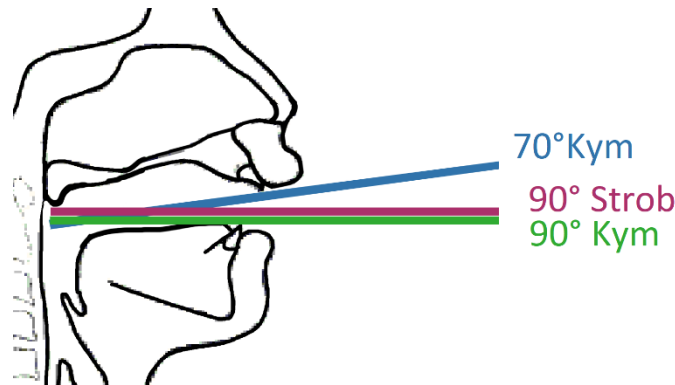
Podle tohoto vztahu lze očekávat, že hloubka vložení 90° laryngoskopu je 0,94x menší než laryngoskopu s úhlem pohledu 70° .

Tento matematický model by odpovídal situaci, kdy pacient nemění polohu hlavy a ústní dutiny vůči hrtanu a lékař pouze vsunuje laryngoskop do ústní dutiny šikmo pod úhlem 20° . Tato situace však nutně neodpovídá zjištěným podmínkám během vyšetření. Při vyšetření 70° laryngoskopem bývá pacient tělem a krkem více předkloněn, případně hlavu lehce zaklání tak, aby bylo umístění laryngoskopu v ústech co nejlepší pro vizualizaci hlasivek. V extrémním teoretickém případě by trojúhelník, ze kterého se vychází (Obrázek 24) nebyl pravoúhlý ale spíše rovnoramenný a délka vsunutí laryngoskopu do úst by byla stejná při 70° i 90° laryngoskopu. V reálném případě lze očekávat, že situace bude mezi někde mezi hypotetickými situacemi I) a II) a tedy hloubka vložení laryngoskopu 70° laryngoskopu bude stejná, či o něco delší než u 90° laryngoskopu.

Teoreticky tudíž nelze přesně určit, jaká bude hloubka vsunutí laryngoskopu do úst, jelikož jsou anatomické poměry složitější než v modelové situaci a vyšetření pro různé pacienty se liší. Danému teoretickému modelu odpovídá pouze, že hloubka vsunutí 70°

laryngoskopu je vždy větší, protože hloubky vsunutí laryngoskopů do úst vytváří téměř pravoúhlý trojúhelník, u kterého je nejdelší strana přepona, kdy přeponu tvoří právě hloubka vsunutí 70° laryngoskopu do úst (Obrázek 23, Obrázek 24).

Podle pohledu na výše zmíněné obrázky a předpoklady můžeme odvodit teoretický náčrt způsobu hloubek vsunutí laryngoskopů do úst (Obrázek 25).



Obrázek 25: Teoretický náčrt způsobu vložení jednotlivých laryngoskopů do úst. Modře označen 70° laryngoskop použitý při videokymografii, fialově 90° laryngoskop použitý pro stroboskopii, zeleně 90° laryngoskop použitý pro videokymografii.

2.8.4. Interindividuální variabilita hloubky vložení laryngoskopu do úst

Ačkoliv je rozdíl mezi úhlem a způsobem vložení laryngoskopů do úst, není očekáván výrazný rozdíl v interindividuální variabilitě mezi jednotlivými laryngoskopy. Podobnost variability u jednotlivých laryngoskopů můžeme usuzovat z toho důvodu, že interindividuální variabilita hloubky vložení laryngoskopu bude odrážet zejména variabilitu horizontální délky vokálního traktu, která bude stejná.

2.8.5. Intraindividuální variabilita hloubky vložení laryngoskopu do úst

Během individuálního laryngoskopického vyšetření pacienta může docházet ke změnám polohy laryngoskopu v ústech. Opět můžeme očekávat, že intraindividuální variabilita bude omezena horizontální délkou vokálního traktu, avšak bude menší než variabilita interindividuální, neboť v té je navíc zahrnut i faktor rozdílné velikosti vokálního traktu u různých osob.

2.9. Shrnutí hypotéz

Po shrnutí všech výše uvedených předpokladů, můžeme pro experimentální měření formulovat následující hypotézy:

- Hloubka vsunutí laryngoskopu bude přibližně odpovídat horizontální délce vokálního traktu
- Hloubka vsunutí laryngoskopu bude větší u mužů než u žen
- Hloubka vsunutí laryngoskopu bude u dětí korelovat s výškou a věkem
- Hloubka vsunutí laryngoskopu u dospělých nebude korelovat s výškou a věkem
- Hloubka vsunutí laryngoskopu s úhlem pohledu 70 stupňů bude větší než u laryngoskopu s úhlem pohledu 90 stupňů
- Interindividuální variabilita vložení hloubky laryngoskopu bude podobná pro různé laryngoskopy
- Intraindividuální variabilita vložení hloubky laryngoskopu bude pro jednotlivé laryngoskopy menší než interindividuální variabilita

3. Cíl práce

Hlavním cílem této diplomové práce je změřit průměrnou hloubku vsunutí rigidního laryngoskopu do úst při laryngoskopickém vyšetření a její variabilitu. Tato hloubka je potřebná pro určení vzdálenosti, ve které bude mikrofon od úst, v případě jeho připevnění k laryngoskopu. Variabilita této vzdálenosti poté umožní odhadnout nejistoty měření hladiny akustického tlaku hlasu použitím zákona vzdálenosti.

V této diplomové práci je studována hloubka vložení třech typů laryngoskopů - 70° použitého při videokymografii, 90° použitého opět při videokymografii a 90° použitého pro strobovideolaryngoskopii. Pro měření jsou použity fotografické snímky pořízené v ordinaci v Hlasovém a sluchovém centru Praha u prim. MUDr. Jitky Vydrové.

Při vyšetřování kmitání hlasivek v klinické praxi je snaha monitorovat hladinu akustického tlaku, kdy je detektorem miniaturní mikrofon, který je upevňován právě na hlavu kamery připojenou k laryngoskopu. Hladina akustického tlaku ale závisí na vzdálenosti od úst a doposud není přesně známo, jak hluboko do úst se laryngoskop zasouvá a jak je velká variabilita této hloubky při vyšetření různých osob. Z tohoto důvodu není možné přesně říci, s jakou přesností lze hladinu akustického tlaku hlasu měřit, neboť je tato přesnost závislá na určení vzdálenosti od úst.

4. Materiál a metody

4.1. Použitý materiál a vybavení

Měření hloubky vsunutí laryngoskopu do úst byla provedena celkem u 100 osob (40 žen, 40 mužů a 20 dětí) pro tři různé laryngoskopy. U každé osoby byl zjištěn věk a výška. Ženy a muži byli rozděleni na půl do dvou skupin. První skupina (20 žen a 20 mužů) absolvovala vyšetření laryngostroboskopické s využitím laryngoskopu č.1 a poté vyšetření videokymografické s využitím laryngoskopu č.2. Druhá skupina (dalších 20 žen a 20 mužů) absolvovala také vyšetření laryngostroboskopické s využitím laryngoskopu č.1, ale pro videokymografické vyšetření byl místo laryngoskopu č.2 použit laryngoskop č.3. U dětí byl použit pouze laryngoskop č.1.

Pro účely měření byly ve spolupráci s Hlasovým a sluchovým centrem Praha se souhlasem lékaře a vyšetřované osoby pořízeny fotografie – celkem 395 fotografií mužů (značení M), 399 fotografií žen (značení F) a 83 fotografií dětí (značení D). Fotografie byly pořízené autorkou diplomové práce a jejím školitelem fotoaparátem značky Nikon D3100 s rozlišením fotografií 4608 x 3072 (L). Vyšetřované osoby byly vyfoceny během stroboskopických a videokymografických vyšetření, které jsou běžně prováděny v klinické praxi. Nebyla prováděna žádná speciální vyšetření pouze pro účel této práce.

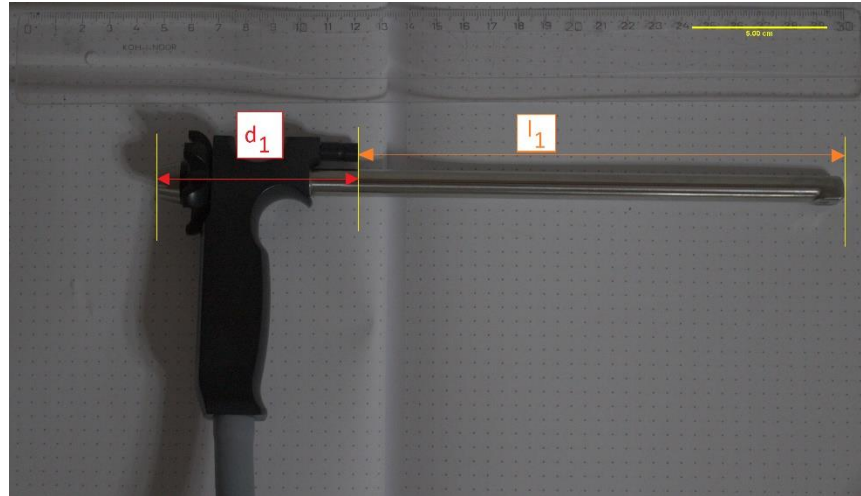
Pro vyšetření byly použity tři typy laryngoskopů. První laryngoskop byl značky Xion (typ 130 310 629 Ø 10 mm, zoom laryngoskop, používaný pro stroboskopické vyšetření) s pohledovým úhlem 90° a měl na sobě integrovaný mikrofon. Druhý laryngoskop byl také od výrobce Xion (typ 130 310 527, Ø 10 mm, zoom laryngoskop, používaný pro videokymografické vyšetření), ale měl pohledový úhel 70°. Třetí laryngoskop byl rovněž od výrobce Xion (typ 130310529, Ø 10 mm, také používán pro videokymografické vyšetření) tentokrát opět s pohledovým úhlem 90°.

4.2. Určení rozměrů laryngoskopů

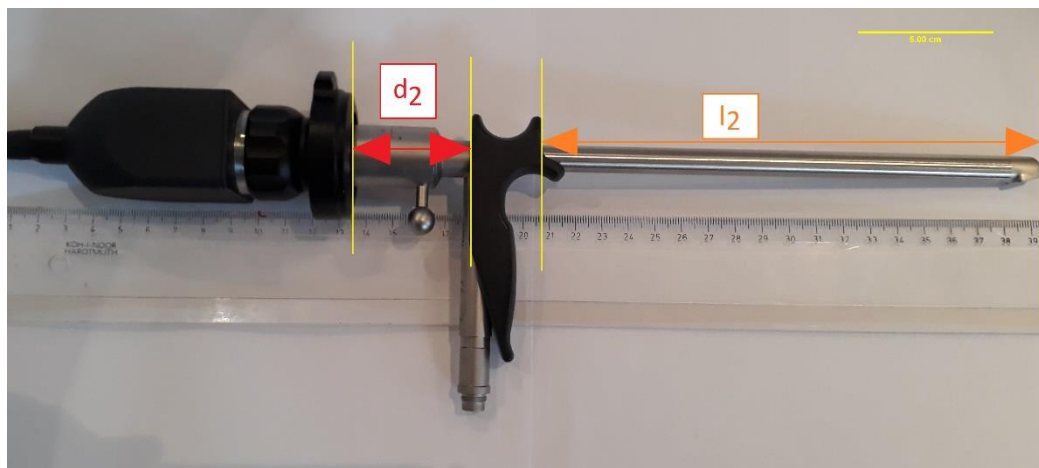
Pro měření fotografií byl použit program ImageJ, který je volně dostupný na webových stránkách (imagej.net).

Rozměry prvního laryngoskopu byly měřeny již v bakalářské práci autorky (Valášková 2018) a jsou uvedeny na obrázku 26 a v tabulce 6. U druhého laryngoskopu byly tyto hodnoty měřeny z 8 fotografií a u třetího laryngoskopu z 7 fotografií. Při měření se určovaly

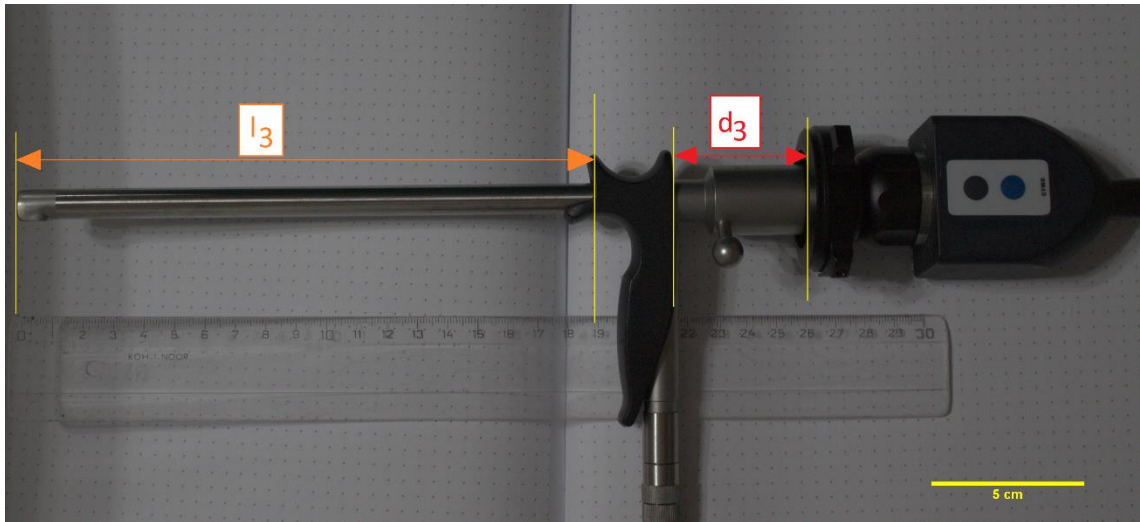
rozměry délky tubusu a referenční délka jedné z jeho částí (Obrázek 26, Obrázek 27, Obrázek 28, Tabulka 6, Příloha 1, Příloha 2, Příloha 3). Referenční délka jedné z částí je využita pro kalibraci pořízených snímků vyšetřovaných pacientů s laryngoskopem vsunutým do úst.



Obrázek 26: Měřené rozměry prvního laryngoskopu převzato z bakalářské práce, kde l_1 je délka tubusu a d_1 délka referenční části.

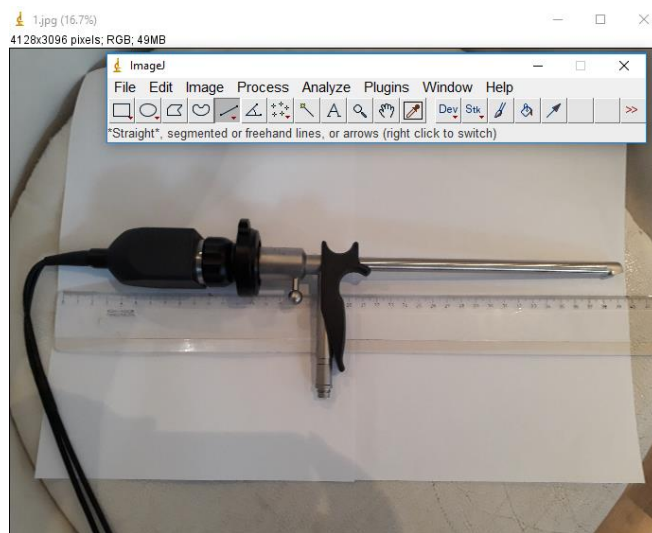


Obrázek 27: Měřené rozměry druhého laryngoskopu, kde l_2 je délka tubusu a d_2 délka referenční části.



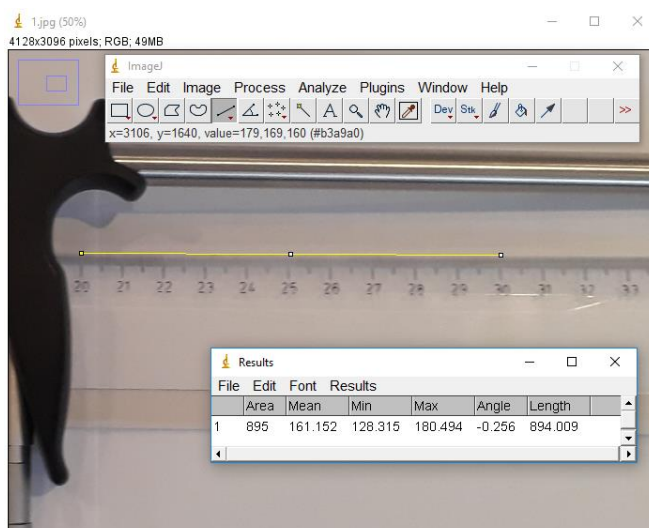
Obrázek 28: Měřené rozměry třetího laryngoskopu, kde l_3 je délka tubusu a d_3 délka referenční části.

V programu ImageJ byla otevřena fotografie druhého laryngoskopu na bílém pozadí s přiloženým pravítkem vedle laryngoskopu (Obrázek 29).



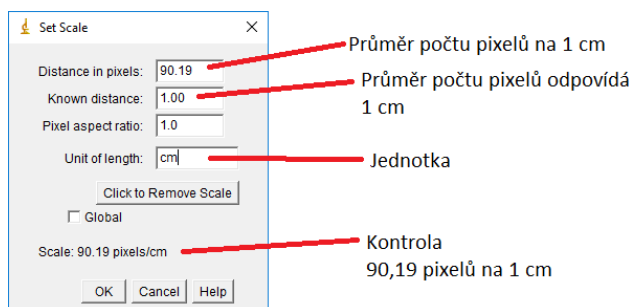
Obrázek 29: Ukázka jedné z měřených fotografií otevřených v programu ImageJ.

Pomocí pravítka byla fotografie zkalibrována. Kalibrace spočívá v měření desetkrát stejné vzdálenosti na pravítku v různých jeho oblastech, přičemž bylo získáno počet pixelů na 10 cm (Obrázek 30).



Obrázek 30: Ukázka kalibrace pomocí pravítka. Na pravítku byla vybrána vzdálenost odpovídající 10 cm a z programu byl odečten počet pixelů. V tomto případě byl počet pixelů na 10 cm 894,009.

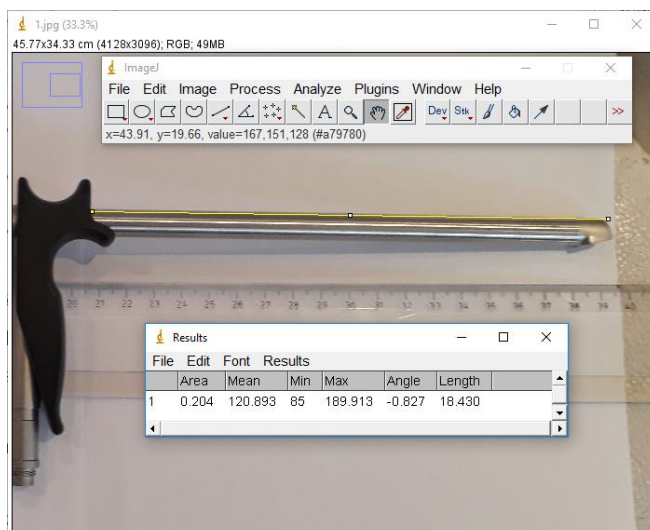
Následně byl ze získaných hodnot vypočten průměr pro počet pixelů na 1 cm dané fotografie laryngoskopu. Tato hodnota byla nastavena do programu (Obrázek 31).



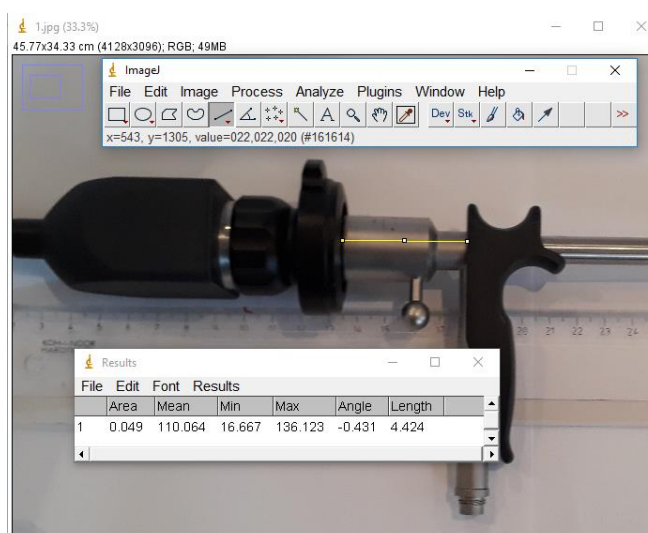
Obrázek 31: Ukázka kalibrace jedné z fotografií.

Tuto kalibraci a nastavení získané hodnoty bylo nutno provádět opakovaně pro každou získanou fotografii zvlášť, protože se u jednotlivých fotografií počet pixelů na 1 cm liší.

Po nastavení kalibrace byly následně stejným způsobem u každé kalibrační fotografie desetkrát měřeny rozměry druhého a třetího laryngoskopu používaného při vyšetření. V tomto případě byla měřena délka tubusu (Obrázek 32) a referenční části (Obrázek 33), která byla takto zvolena, protože je nejlépe viditelná na fotografiích při vyšetřování pacientů.



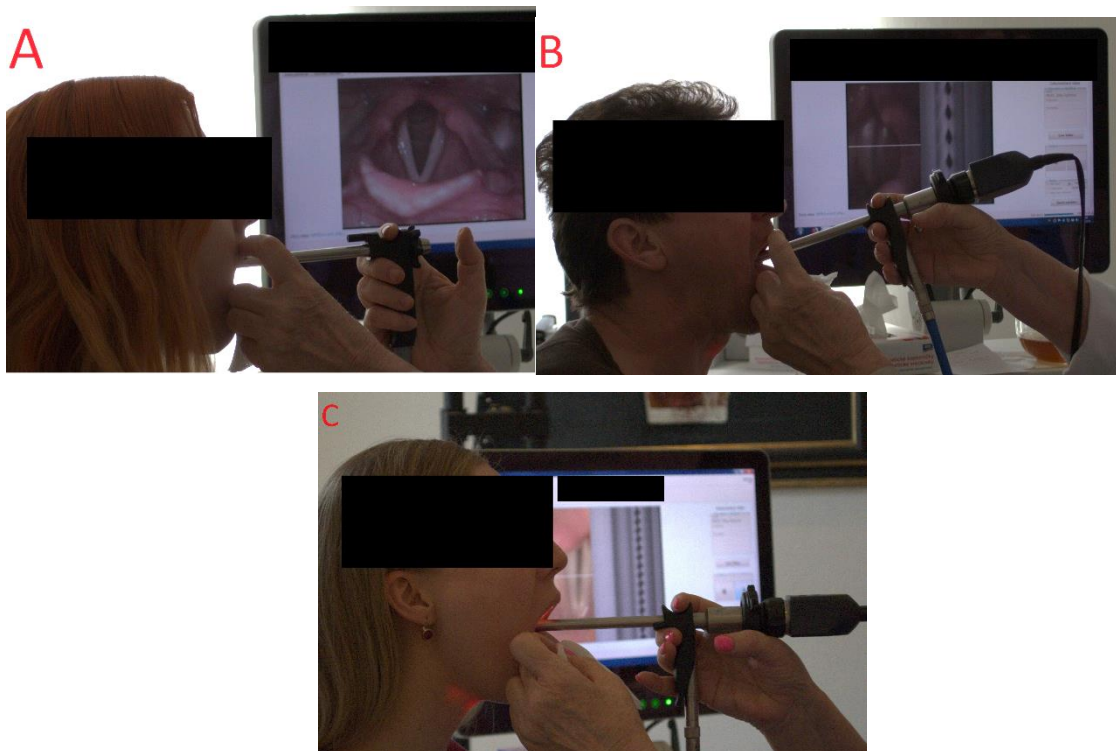
Obrázek 32: Ukázka měření délky tubusu. V tomto případě byla zjištěna délka tubusu 18,430 cm.



Obrázek 33: Ukázka měření referenční části. Zde byla zjištěna délka 4,424 cm.

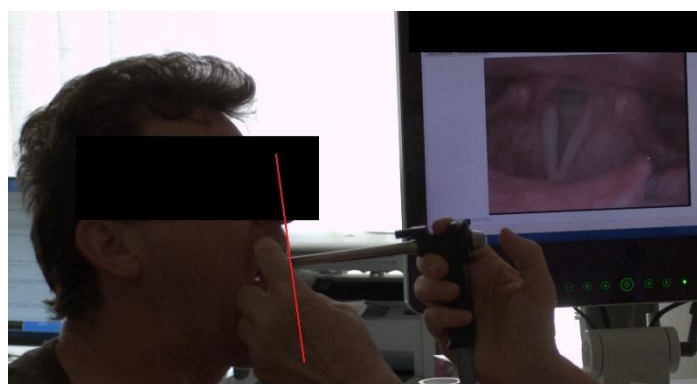
4.3. Kalibrace fotografií použitých pro měření hloubky vsunutí laryngoskopu do úst

K měření hloubky vsunutí 90° laryngoskopu do úst při videostroboskopickém vyšetření byly vybrány vhodné fotografie (Obrázek 34), které viditelně obsahovaly vložený laryngoskop do úst a hlasivky vyšetřované osoby snímané kamerou umístěnou na laryngoskopu a zobrazené na monitoru (Obrázek 34A). Při videokymografickém vyšetření 70° laryngoskopem (Obrázek 34B) a 90° laryngoskopem (Obrázek 34C) musely fotografie obsahovat videokymografický vybraný řádek umístěný v oblasti hlasivek a viditelné kmity na výsledném videokymografickém obraze.

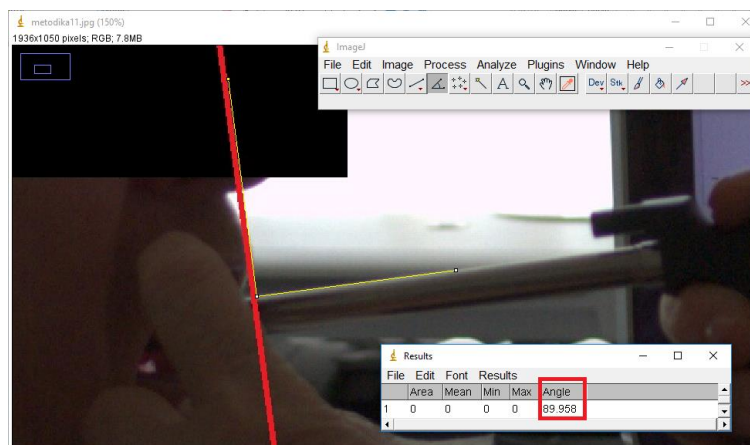


Obrázek 34: Fotografie vhodné pro měření hloubky vsunutí laryngoskopu do úst A) při stroboskopickém vyšetření 90° laryngoskopem B) videokymografickém vyšetření 70° laryngoskopem C) videokymografickém vyšetření 90° laryngoskopem. Fotografie obsahuje viditelně vsunutý laryngoskop do úst a hlasivky na monitoru.

Následně byla do fotografií zakreslena pomocná čára vedená z horní hranice rtu kolmo na tubus laryngoskopu (Obrázek 35). Tato čára zde byla zakreslena pro přesnější měření vnější délky tubusu laryngoskopu od horní hranice rtu. Kolmost pomocné čáry byla ověřena v programu ImageJ (Obrázek 36). Za maximální přípustnou odchylku byla zvolena hodnota $\pm 1^\circ$.

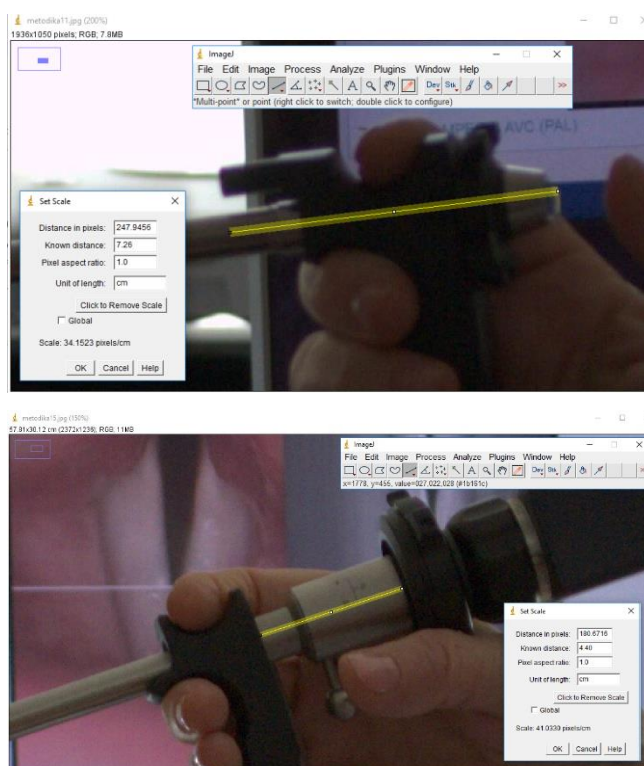


Obrázek 35: Ukázka zakreslení pomocné čáry do fotografie.

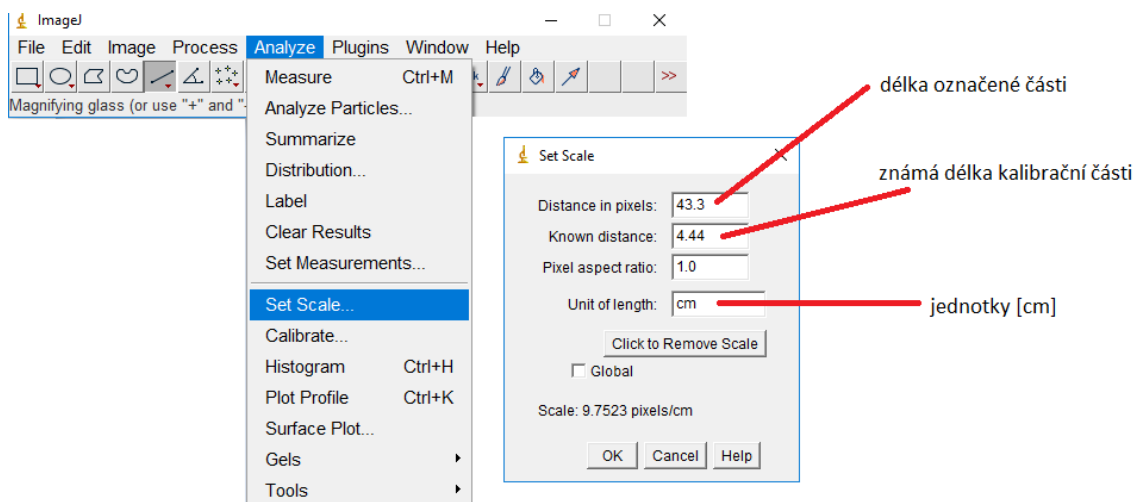


Obrázek 36: Ověření kolmosti pomocné čáry vedené z horní hranice rtu na tubus laryngoskopu. Vedená čára v tomto případě svírá s tubusem laryngoskopu úhel 89,958°.

Ze známých délek referenčních částí byly upravené fotografie k měření kalibrovány následujícím způsobem. Na fotografii byla označena referenční část (Obrázek 37) a následně byl snímek zkalibrován (Obrázek 38), kdy za vzdálenost byly dosazeny průměrné změřené délky dané kalibrační částí laryngoskopu podle tabulky.



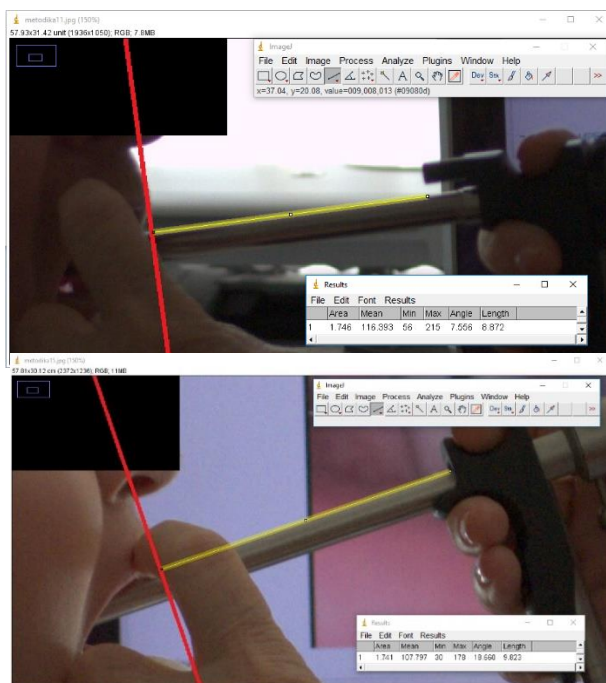
Obrázek 37: Označení referenční části pro první laryngoskop (nahore) a pro druhý i třetí laryngoskop (dole) a odpovídající kalibrace snímku.



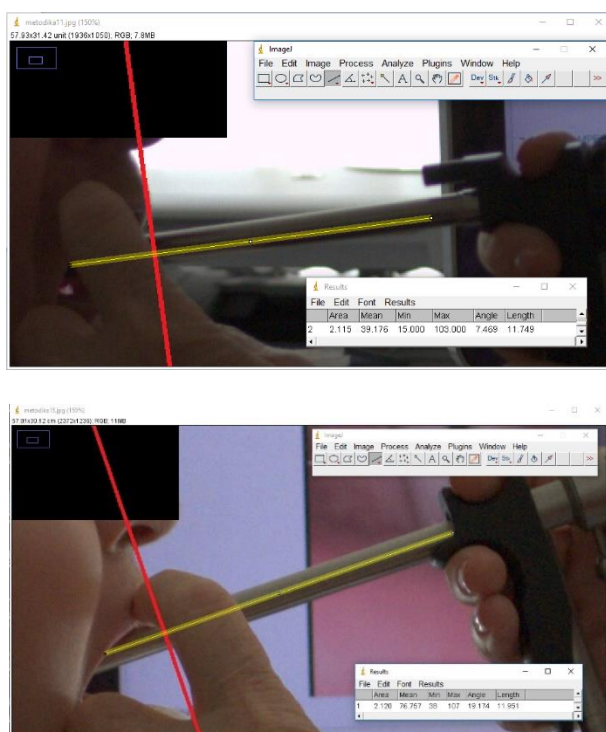
Obrázek 38: Ukázka kalibrace referenční části u druhého laryngoskopu, kdy za known distance byla dosazena naměřená délka referenční části.

4.4. Měření hloubky vsunutí laryngoskopu do úst

Po zkalibrování byla z upravených fotografií měřena vnější délka tubusu pro každý laryngoskop podle dvou definic hranic úst. První vzdálenost (x_{1F} pro ženy a x_{1M} pro muže pro první 90° laryngoskop, x_{2F} pro ženy a x_{2M} pro muže pro druhý 70° laryngoskop, x_{3F} pro ženy a x_{3M} pro muže pro třetí 90° laryngoskop) byla měřena od průsečíku kolmice horní hranice rtu a tubusu laryngoskopu (Obrázek 39). Druhá vzdálenost (y_{1F} pro ženy a y_{1M} pro muže pro první 90° laryngoskop, y_{2F} pro ženy a y_{2M} pro muže pro druhý 70° laryngoskop, y_{3F} pro ženy a y_{3M} pro muže pro třetí 90° laryngoskop) byla měřena od nejvzdálenější části laryngoskopu končící v ústech pacienta (Obrázek 40) (Příloha 8, Příloha 9, Příloha 10, Příloha 11). Obě vzdálenosti byly pro minimalizaci chyb měřeny desetkrát pro každou fotografii.



Obrázek 39: Ukázka měření vzdálenosti od hranice horního rtu pro první laryngoskop x_{1F} u žen a x_{1M} u mužů (nahore) a pro druhý i třetí laryngoskop x_{2F} , x_{3F} u žen a x_{2M} , x_{3M} u mužů (dole).



Obrázek 40: Ukázka měření vnější délky laryngoskopu od průřezu středu tubusu se rty pro první laryngoskop (nahore, t.j. vzdálenost y_{1F} u žen a y_{1M} u mužů) a pro druhý i třetí laryngoskop (dole, vzdálenost y_{2F} , y_{3F} u žen a y_{2M} , y_{3M} u mužů).

Pro získání hloubky vsunutí laryngoskopu do úst byly naměřené vnější délky laryngoskopů odečteny od celkových délek jednotlivých laryngoskopů l_1 pro první

laryngoskop, l_2 pro druhý laryngoskop a l_3 pro třetí laryngoskop (Tabulka 6, Příloha 1, Příloha 2, Příloha 3).

4.5. Zpracování naměřených dat

Naměřená data byla zpracována v programech Wolfram Alpha, Staistica a MS Excel s rozšířením o doplněk analytických nástrojů, který je volně stažitelný.

Programy Wolfram Alpha a Statistica byly využity pro Kolmogorov-Smirnov test, vypočtení *p-hodnot* a následného vykreslení normálního rozložení dat. Kolmogorov-Smirnov test je jednovýběrový test pro počet hodnot < 40 .

Test ověřuje, zdali rozdělení náhodné veličiny v populaci se liší od rozdělení teoretického. Pro ověření nulové hypotézy se předpokládá, že daný testovaný výběr odpovídá vybranému teoretickému rozložení – v tomto případě normální rozložení.

P-hodnota kritéria určená Kolmogorov-Smirnov testem se srovnává s danou hladinou významnosti α . Případně se srovnává vypočtená hodnota kritéria D_1 s kritickou hodnotou D_{1max} pro danou hladinu významnosti α . Pro daný počet prvků n je kritická hodnota D_{1max} pro Kolmogorov-Smirnov test tabelována (Tabulka 4).

Testovaná nulová hypotéza H_0 říká, že námi testovaný výběr odpovídá normálnímu rozdělení při zvolené hladině testu $\alpha = 0,05$. Alternativní hypotéza H_1 říká, že výběr neodpovídá normálnímu rozdělení.

Tabulka 4: Kritické hodnoty D_{1max} pro soubor s 20. Zdroj tabulky web.archive.org.

Velikost vzorku n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,15$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,001$
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,356	0,421
40	0,166	0,176	0,189	0,210	0,252	0,302

Naměřené hodnoty se do WolframAlpha zapisují do složené závorky s odlišným označením a každé označení na vlastní řádek. Například pro označení hodnot naměřených u mužů podle horní hranice rtu bylo použito

$$\text{kolmiceM} = \{ \}. \quad (9)$$

Do složené závorky jsou zapsány naměřené hodnoty, ovšem desetinná čísla zapisujeme s tečkou a jednotlivé hodnoty od sebe oddělujeme čárkou. Po každém takto zapsaném údaji zmáčkne *shift* a *enter*, pro uložení hodnot. Pokud je hodnota správně zapsána, původně

modře označené *kolmiceM* změni barvu na černou. V opačném případě oznámí program chybu s jejím popisem.

Pro vypočtení *p-hodnoty* naměřených dat můžeme využít funkci, která zobrazí veškeré testy včetně Kolmogorov-Smirnova testu

$$\mathcal{H} = \text{DistributionFitTest}[kolmiceM, Automatic, HypothesisTestData]; \quad (10)$$

$$\mathcal{H} = ["TestDataTable", All].$$

Na místo textu *kolmiceM* dosazujeme zvolené označení našich dat. *Shift* a *enter* zmáčkneme až při zadání druhého řádku.

Pokud budeme chtít pouze Kolmogorov-Smirnov test, můžeme využít funkci

$$A = \text{KolmogorovSmirnovTest}[kolmiceM, Automatic, "HypothesisTestData"]; \quad (11)$$

$$A["TestDataTable"].$$

kde *A* je pouze značení vypočtu a opět za text *kolmiceM* postupně dosazujeme námi zvolené názvy dat.

K provedení testu v programu Statistica přepíšeme naměřené hodnoty hranice horního rtu do prvního sloupce a průsečíku středu tubusu se rty do druhého. Pro názornější zobrazení, zdali se data řídí normálním rozdělením je vhodnější v záložce *Graphs* vybrat *2D* a následně *Normal Probability Plots*. Do *Variables* vybereme sloupce s našimi hodnotami a zaškrtneme možnost *Kolmogorov-Smirnov test*, případně i *Shapiro-Wilk test*. Pro zobrazení více výsledků do jednoho grafu můžeme zvolit možnost *Multiple plots in one graph*. Výsledné hodnoty se zobrazí dole pod grafem, kde hodnota *D* je výsledek testu a *p* je *p-hodnota*.

Pro určení statistické závislosti dvou kvantitativních veličin, tj. určení jejich vzájemného vztahu, byla využita korelační analýza v programu Wolfram Alpha a Statistica. Pro různé typy vzorků byly použity dva typy korelačních koeficientů - Pearsonův korelační koeficient a Spearmanův korelační koeficient.

Kritické hodnoty pro tyto korelační koeficienty pro různé velikosti vzorku *n* jsou uvedeny v tabulce 5 níže.

Tabulka 5: Kritické hodnoty pro dané hladiny významnosti jednotlivých korelačních koeficientů. Převzato z *york.ac.uk* a

Velikost vzorku <i>n</i>	Typ korelačního koeficientu	Hladina významnosti		
		$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
40	Pearsonův	0,299	0,312	0,403
	Spearmanův	0,299	0,380	0,522
20	Pearsonův	0,299	0,378	0,516

Pro ověření shody středních hodnot byl využit MS Excel. Nejprve byl vybrán dvouvýběrový F-test pro rozptyl pro ověření shodnosti rozptylů a pro shodnost rozptylů musí platit, že

$$P(F \leq f)(1) > \alpha, \quad (12)$$

kde α je hladina významnosti testu.

U dvouvýběrového t-testu s nerovností i rovností rozptylů porovnáváme absolutní hodnotu $tStat$ a $tkrit(2)$ pro oboustranný test. Musí platit nerovnosti, že

$$\begin{aligned} |tStat| < tkrit(2), \\ P(T \leq t)(2) > \alpha, \end{aligned} \quad (13)$$

kde α je hladina významnosti testu, v našem případě $\alpha = 0,05$. Pokud tyto nerovnosti platí, nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu H_0 .

Pokud provádíme mnohonásobné testování, je větší šance, že výsledek vyjde jako významný i když to neodpovídá skutečnosti. Z tohoto důvodu je potřeba použít Holmovu korekci kritéria hladiny významnosti (Holm 1979). Vypočtené p -hodnoty jsou seřazeny od nejmenší po největší s označením $p_1, p_2 \dots p_i \dots p_K$, kde i je i -tá p -hodnota a K je celkový počet prováděných testů. Následně se vypočte α^* jako

$$\alpha^* = \frac{\alpha}{K-i+1}. \quad (14)$$

Výsledné α^* jsou přiřazeny příslušným p -hodnotám a porovnány.

5. Výsledky

5.1. Rozměry laryngoskopů používaných při vyšetření

Pro správné určení hloubky vsunutí laryngoskopu do úst je důležité znát jeho délku. Tabulka 6 popisuje naměřené rozměry třech různých laryngoskopů použitých při vyšetření (Obrázek 26, Obrázek 27, Obrázek 28). Podrobnější výsledky měření jsou uvedeny v Přílohách 1-3.

Tabulka 6: Rozměry laryngoskopů určené pomocí měření kalibračních snímků. Výsledky jsou uvedeny jako průměrná hodnota \pm střední chyba průměru. Podrobné výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách jako příloha (Příloha 1, Příloha 2, Příloha 3).

Laryngoskop	Počet změřených kalibračních snímků	Délka tubusu l_1 [cm]	Délka referenční části d_1 [cm]
1	5	$17,27 \pm 0,06$	$7,26 \pm 0,05$
2	8	$18,64 \pm 0,08$	$4,44 \pm 0,02$
3	7	$19,09 \pm 0,06$	$4,31 \pm 0,08$

Pro první laryngoskop s úhlem pohledu 90° používaného pro stroboscopedolaryngoskopická vyšetření byla zjištěna celková délka tubusu $l_1 = 17,27 \pm 0,06$ cm a délka držadla $d_1 = 7,26 \pm 0,05$ cm. Druhý laryngoskop s úhlem pohledu 70° používaný pro videokymografická vyšetření vykázal celkovou délku tubusu $l_2 = 18,64 \pm 0,08$ cm a délku referenční části $d_2 = 4,44 \pm 0,02$ cm. U třetího laryngoskopu s úhlem pohledu 90° používaného pro videokymografická vyšetření byla naměřena celková délka tubusu $l_3 = 19,09 \pm 0,06$ cm a délka referenční části $d_3 = 4,31 \pm 0,08$ cm.

5.2. Hloubka vsunutí laryngoskopů do úst

Hloubka vsunutí laryngoskopu do úst byla určena jako rozdíl celkové délky tubusu laryngoskopů (l_1 , l_2 a l_3) a naměřené vnější délky tubusu laryngoskopů. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 7-11. Podrobnější měření jsou v příloze (Příloha 4, Příloha 5, Příloha 6).

5.2.1. Výsledky pro laryngoskop č.1

Tabulka 7: Odvozené hodnoty hloubky vsunutí prvního laryngoskopu s 90° úhlem pohledu pro ženy rozdělené do dvou skupin (podle doplňkového VKG vyšetření pomocí laryngoskopu č.2 – S1, nebo č.3 – S2). **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty. Výsledky jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

Skupina	Věk [roky]	Výška [cm]	Hloubka a [cm]	Hloubka b [cm]	Rozdíl Δ_{ab} [cm]
S1 ženy	42,2 ± 20,7	164,5 ± 7,0	8,63 ± 0,58	7,07 ± 0,95	1,56 ± 0,58
S2 ženy	49,7 ± 18,1	165,0 ± 6,8	8,78 ± 0,62	7,21 ± 0,90	1,57 ± 0,54
S1 + S2 ženy	45,9 ± 19,5	164,8 ± 6,8	8,71 ± 0,60	7,14 ± 0,91	1,57 ± 0,55

Rozdělení žen do dvou skupin bylo čistě náhodné a nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi skupinami v hloubce vsunutí laryngoskopu do úst ($p_{a1} = 0,44634$; $p_{b1} = 0,63998$), ve věku ($p_{Fv\check{e}} = 0,232$) ani ve výšce ($p_{Fv\check{y}} = 0,838$). První skupina žen (Tabulka 7 řádek S1 ženy) byla vyšetřena prvním a druhým laryngoskopem, druhá skupina žen (Tabulka 7 řádek S2 ženy) byla vyšetřena prvním a třetím laryngoskopem.

Při spojení obou skupin žen byly průměrné hodnoty $a_{F90S} = 8,7 \pm 0,6$ cm podle hranice horního rtu a $b_{F90S} = 7,1 \pm 0,9$ cm podle průsečíku středu tubusu se rty.

Tabulka 8: Odvozené hodnoty hloubky vsunutí prvního laryngoskopu s 90° úhlem pohledu pro muže rozdělené do dvou skupin (podle doplňkového VKG vyšetření pomocí laryngoskopu č.2 – S1, nebo č.3 – S2). **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty. Výsledky jsou uvedeny jako průměrná hodnota ± směrodatná odchylka.

Skupina	Věk [roky]	Výška [cm]	Hloubka a [cm]	Hloubka b [cm]	Rozdíl Δ_{ab} [cm]
S1 muži	53,1 ± 18,2	174,9 ± 8,8	8,63 ± 0,58	7,07 ± 0,95	1,56 ± 0,58
S2 muži	47,3 ± 17,9	181,7 ± 7,3	9,44 ± 0,69	7,66 ± 0,94	1,53 ± 0,79
S1 + S2 muži	50,2 ± 18,1	178,3 ± 8,7	9,44 ± 0,66	7,75 ± 0,96	1,69 ± 0,63

Opět bylo rozdělení mužů do těchto dvou skupin čistě náhodné a nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi skupinami v hloubce vsunutí laryngoskopu do úst ($p_{a2} = 0,96586$; $p_{b2} = 0,52705$), ani ve věku ($p_{Mv\check{e}} = 0,316$). Muži z první skupiny byli nicméně o něco vyšší a tento rozdíl vyšel statisticky významný ($p_{Mv\check{y}} = 0,012$). První skupina mužů (Tabulka 8 řádek S1 muži) byla vyšetřena prvním a druhým laryngoskopem, druhá skupina mužů (Tabulka 8 řádek S2 muži) byla vyšetřena prvním a třetím laryngoskopem.

Při spojení obou skupin mužů byly průměrné hodnoty $a_{M90S} = 9,4 \pm 0,7$ cm podle hranice horního rtu a $b_{M90S} = 7,75 \pm 0,96$ cm podle průsečíku středu tubusu se rty.

Při spojení skupin mužů a žen je průměrná hloubka $c_1 = 9,1 \pm 0,7$ cm podle hranice horního rtu a $c_2 = 7,45 \pm 0,98$ cm podle průsečíku středu tubusu se rty.

Předchozí tabulky obsahovaly pouze dospělé jedince, tj. osoby starší 18ti let. Tabulka 9 popisuje odvozené hloubky vsunutí prvního 90° laryngoskopu do úst pro osoby mladší 18ti let. Pro děti proběhlo měření pouze s prvním laryngoskopem.

Tabulka 9: Odvozené hodnoty hloubky vsunutí prvního laryngoskopu s 90° úhlem pohledu pro děti. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Označení dítěte	Věk	Výška [cm]	Hloubka a a_5 [cm]	Hloubka b b_5 [cm]	Rozdíl $\Delta a b_5$ [cm]
D1	14	158	9,17	8,65	0,51
D2	16	170	8,60	6,46	2,14
D3	15	190	9,02	6,91	2,11
D4	13	158	8,76	7,75	1,00
D5	8	131	7,51	6,39	1,12
D6	11	151	7,53	5,71	1,82
D7	14	163	8,82	7,58	1,23
D8	13	180	8,96	7,86	1,10
D9	12	152	7,82	6,40	1,42
D10	17	168	7,69	6,25	1,44
D11	13	165	9,18	7,80	1,38
D12	15	174	9,19	10,42	1,23
D13	14	182	9,82	8,46	1,36
D14	7	135	7,66	6,58	1,08
D15	14	163	7,53	5,59	1,93
D16	13	162	8,93	7,25	1,68
D17	8	134	7,31	6,74	0,57
D18	12	168	9,06	7,87	1,19
D19	9	140	8,38	7,22	1,16
D20	8	134	7,67	6,54	1,14

5.2.2. Výsledky pro laryngoskop č.2

Výsledky měření hloubky vložení laryngoskopu č. 2 do úst jsou uvedeny v Tabulce 10.

Tabulka 10: Odvozené hodnoty hloubky vsunutí (průměr \pm směrodatná odchylka) druhého laryngoskopu s 70° úhlem pohledu pro ženy a muže z první skupiny. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Skupina	Hloubka a [cm]	Hloubka b [cm]	Rozdíl $\Delta a b$ [cm]
Ženy (S1)	8,91 \pm 0,89	7,22 \pm 1,04	1,70 \pm 0,70
Muži (S1)	9,70 \pm 0,92	8,05 \pm 1,17	1,92 \pm 0,63

Průměrná hloubka vsunutí druhého laryngoskopu (s 70° úhlem pohledu) do úst byla pro ženy $a_6 = 8,9 \pm 0,9$ cm podle hranice horního rtu a $b_6 = 7,2 \pm 1,0$ cm podle průsečíku středu tubusu se rty. Pro muže byly tyto hodnoty $a_7 = 9,7 \pm 0,9$ cm podle hranice horního rtu a podle průsečíku středu tubusu se rty $b_7 = 8,1 \pm 1,2$ cm.

Při nerozlišování mužů a žen je průměrná hloubka podle hranice horního rtu $c_4 = 9,31 \pm 0,98$ cm a podle průsečíku středu tubusu se rty $c_5 = 7,6 \pm 1,2$ cm.

5.2.3. Výsledky pro laryngoskop č.3

Výsledky měření hloubky vložení laryngoskopu č. 3 do úst jsou uvedeny v Tabulce 11.

Tabulka 11: Odvozené hodnoty hloubky vsunutí (průměr \pm směrodatná odchylka) třetího laryngoskopu s 90° úhlem pohledu pro muže a ženy z druhé skupiny. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Skupina	Hloubka a [cm]	Hloubka b [cm]	Rozdíl Δ_{ab} [cm]
Ženy (S2)	$8,83 \pm 0,69$	$6,58 \pm 0,73$	$2,25 \pm 0,44$
Muži (S2)	$9,47 \pm 0,64$	$7,50 \pm 0,85$	$1,71 \pm 0,72$

Průměrná hloubka vsunutí třetího laryngoskopu (s pohledem 90° použitého pro videokymografii) do úst byla u žen $a_8 = 8,8 \pm 0,7$ cm podle hranice horního rtu a $b_8 = 6,6 \pm 0,7$ cm podle průsečíku středu tubusu se rty. U mužů jsou tyto hodnoty $a_9 = 9,5 \pm 0,6$ cm podle hranice horního rtu a $b_9 = 7,5 \pm 0,9$ cm podle průsečíku středu tubusu se rty.

Při nerozlišování mužů a žen je průměrná hloubka vsunutí laryngoskopu do úst $c_6 = 9,2 \pm 0,7$ cm podle hranice horního rtu a $c_7 = 7,0 \pm 0,9$ cm podle definice průsečíku středu tubusu se rty.

5.3. Normalita dat

K ověření normality dat byl využit jednovýběrový Kolmogorov-Smirnov test. Z důvodu násobného testování hypotéz zde bylo potřeba provést korekci kritéria pro významnost – Holmova korekce kritéria (Holm 1979). Výsledky testu jsou shrnuty v tabulce 12.

Tabulka 12: Ověření normality dat podle Kolmogorova-Smirnova testu pro muže a ženy s Holmovou korekcí hladiny významnosti pro $\alpha = 0,05$ a $\alpha = 0,01$. **Hloubka a** je od hranice horního rtu, **hloubka b** od průsečíku středu tubusu se rty.

Laryngoskop	Ženy / Muži	Označení hloubky vsunutí laryngoskopu do úst	Velikost souboru n	D_1	α^* (pro 0,05/0,01)	p-hodnota
1) 90° stroboskopie	Ženy	Hloubka a	40	0,1403	0,004167/ 0,00083	0,0463
1) 90° stroboskopie	Ženy	Hloubka b	40	0,1248	0,004545/ 0,00091	0,1287
3) 90° videokymografie	Muži	Hloubka a	20	0,1713	0,005/ 0,001	0,1339
2) 70° videokymografie	Ženy	Hloubka a	20	0,1699	0,00555/ 0,00111	0,1411
1) 90° stroboskopie	Muži	Hloubka b	40	0,1171	0,00625/ 0,00125	0,1796
3) 90° videokymografie	Ženy	Hloubka a	20	0,1589	0,00714/ 0,00143	0,2124
1) 90° stroboskopie	Muži	Hloubka a	40	0,0968	0,00833/ 0,00167	0,4483
3) 90° videokymografie	Ženy	Hloubka b	20	0,1332	0,01/ 0,002	0,4696
2) 70° videokymografie	Muži	Hloubka a	20	0,1239	0,0125/ 0,0025	0,5891
3) 90° videokymografie	Muži	Hloubka b	20	0,1145	0,01667/ 0,00333	0,7117
2) 70° videokymografie	Ženy	Hloubka b	20	0,1061	0,025/ 0,005	0,8122
2) 70° videokymografie	Muži	Hloubka b	20	0,0938	0,05/ 0,01	0,9237

Výsledky statistických testů ověřující normalitu rozložení dat vidíme v tabulce 12.

Žádnou z nulových hypotéz H_0 nelze zamítnout na hladině $\alpha = 0,01$, protože všechny p -hodnoty jsou větší, než zvolená hladina významnosti α podle Holmovy korekce. Rovněž nelze hypotézu zamítnout ani na hladině $\alpha = 0,05$ podle Holmovy korekce. Můžeme tedy uvažovat, že naměřená data se řídí normálním Gaussovým rozdělením.

5.4. Rozdíl mezi muži a ženami

K ověření nulové hypotézy H_0 , že střední hodnoty dvou výběrů jsou stejné, byly hodnoty ověřeny nejprve F-testem o shodnosti dvou rozptylů (Tabulka 13). Aby byly rozptyly shodné, musí být p -hodnota větší než zvolená hladina významnosti testu, v našem případě $\alpha = 0,05$, v opačném případě jsou rozptyly rozdílné (vzorec 10).

Tabulka 13: Výsledky dvouvýběrového F-testu pro rozptyl a ověření (ne)shodnosti rozptylů pro ženy vs muže. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Skupina	Číslo laryngoskopu a typ laryngoskopie	Definice		Výsledek H_0
		p-hodnota Hloubka a	p-hodnota Hloubka b	
Ženy vs muži	1) 90° stroboskopie	0,31369	0,40898	Rozptyly jsou shodné
	2) 70° kymografie	0,43799	0,30662	Rozptyly jsou shodné
	3) 90° kymografie	0,37617	0,25787	Rozptyly jsou shodné

Následně byl použit dvouvýběrový t-test pro určení shody středních hodnot (Tabulka 14), kdy byly porovnány hodnoty ve sloupečích $|tStat|$ s hodnotami $tkrit(2)$ a musí platit zmiňovaná nerovnost (vzorec 11). Dále také musí platit, že $p(T \leq t)(2)$ je větší než zvolená hladina významnosti testu α ($\alpha = 0,05$) (vzorec 11) nebo α podle korekce (vzorec 14), v opačném případě je nulová hypotéza H_0 o stejnosti středních hodnot zamítnuta. Z důvodu násobného testování hypotéz je potřeba opět provést korekci kritéria pro významnost – Holmova korekce kritéria.

Tabulka 14: Výsledky statistického t-testu při porovnávání mužů a žen seřazené podle p-hodnoty od nejmenší po největší. Zde je α^* vypočtená hodnota podle vzorce 14. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty. Významnost výsledků na hladině $\alpha = 0,05$ je označena hvězdičkou (*) a na hladině $\alpha = 0,01$ dvěma hvězdičkami (**).

Skupina	Číslo laryngoskopu a typ laryngoskopie	Definice	$ tStat $	$tkrit(2)$	p-hodnota $P(T \leq t)(2)$	α^* (pro 0,05/0,01)	Výsledek H_0	významnost
Ženy vs. Muži	1) 90° stroboskopie	Hloubka a	5,22	2,02	0,000001**	0,00833/ 0,00167	Zamítá se	Vysoce významný
	3) 90° videokymografie	Hloubka b	3,68	2,02	0,000717**	0,01/ 0,002	Zamítá se	Vysoce významný
	1) 90° stroboskopie	Hloubka b	2,93	2,02	0,004505*	0,0125/ 0,0025	Zamítá se	Významný
	3) 90° videokymografie	Hloubka a	3,00	2,02	0,004693*	0,01667/ 0,00333	Zamítá se	Významný
	2) 70° videokymografie	Hloubka a	2,77	2,02	0,00867*	0,025 /0,005	Zamítá se	Významný
	2) 70° videokymografie	Hloubka b	2,39	2,02	0,021796*	0,05 /0,01	Zamítá se	Významný

V tabulce 14 vidíme, že všechny vypočtené p -hodnoty jsou menší než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$ podle Holmovy korekce, a tudíž jsou statisticky významné. Rozdíly se ukázaly jako statisticky velmi významné u měření prvním laryngoskopem podle hranice horního rtu a třetím laryngoskopem podle průsečíku středu tubusu se rty.

5.5. Korelace hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s výškou a věkem

Pro určení korelace hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s výškou a věkem u mužů, žen a dětí byl použit program Wolfram Alpha a hodnoty byly rovněž ověřeny v programu Statistica. Pro určení závislosti byly použity dva typy korelačních koeficientů – Spearmanův a Pearsonův. Pearsonův korelační koeficient lze použít na data s normálním rozdělením a předpokládanou lineární závislostí. Této definici odpovídají měření pro dospělé osoby. Oproti tomu Spearmanův korelační koeficient lze použít tam, kde Pearsonův nelze – u dětí, kde nelze předpokládat normální rozdělení dat. Výsledné jednotlivé korelační koeficienty popisují níže tabulka 15 v závislosti na výšce a tabulka 16 v závislosti na věku.

Tabulka 15: Korelace hloubky vsunutí laryngoskopů do úst (podle dvou různých definic) s výškou pro děti, ženy a muže. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty. Významnost výsledků na hladině $\alpha = 0,05$ je označena hvězdičkou (*) a na hladině $\alpha = 0,01$ dvěma hvězdičkami (**).

Skupina	Typ korelačního koeficientu	Číslo laryngoskopu a typ laryngoskopie	Počet osob n	Definice	Korelační koeficient	p-hodnota	Závislost
Děti	Spearmanův korelační koeficient	1) 90° stroboskopie	20	Hloubka a	0,73107	0,0003**	Silná kladná
			20	Hloubka b	0,42997	0,0585	Střední kladná
Ženy	Pearsonův korelační koeficient	1) 90° stroboskopie	40	Hloubka a	0,25421	0,113	Slabá kladná
			40	Hloubka b	0,22405	0,165	Slabá kladná
		2) 70° videokymografie	20	Hloubka a	0,23371	0,321	Slabá kladná
			20	Hloubka b	0,30956	0,184	Slabá kladná
		3) 90° videokymografie	20	Hloubka a	0,24824	0,291	Slabá kladná
			20	Hloubka b	0,13354	0,575	Velmi slabá kladná
Muži	Pearsonův korelační koeficient	1) 90° stroboskopie	40	Hloubka a	-0,1518	0,3498	Slabá záporná
			40	Hloubka b	-0,2631	0,101	Slabá záporná
		2) 70° videokymografie	20	Hloubka a	-0,0307	0,898	Velmi slabá záporná
			20	Hloubka b	-0,2674	0,254	Slabá záporná
		3) 90° videokymografie	20	Hloubka a	-0,0925	0,698	Velmi slabá záporná
			20	Hloubka b	-0,1366	0,566	Slabá záporná

Protože je Spearmanův korelační koeficient větší než tabelovaná hodnota ($r_{sp20} = 0,380$), můžeme nulovou hypotézu H_0 , že výška a věk u dětí nemá vliv na hloubku vsunutí laryngoskopu do úst podle definice hranice horního rtu zamítnout. Zároveň pro korelaci s výškou je Spearmanův korelační koeficient pro děti statisticky významný na úrovni $\alpha = 0,05$.

Oproti tomu Pearsonův korelační koeficient pro dospělé je statisticky nevýznamný na úrovni $\alpha = 0,05$. Zároveň je Pearsonův korelační koeficient u všech měření mužů žen

menší, než tabelovaná hodnota (pro $n = 40$ $r_{pe40} = 0,312$; pro $n = 20$ $r_{pe20} = 0,378$), a tedy nemůžeme nulovou hypotézu H_0 na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ zamítnout.

Tabulka 16: Korelace hloubky vsunutí laryngoskopu do úst (podle dvou různých definic) s věkem pro děti, ženy a muže. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty. Významnost výsledků na hladině $\alpha = 0,05$ je označena hvězdičkou (*) a na hladině $\alpha = 0,01$ dvěma hvězdičkami (**).

Skupina	Typ korelačního koeficientu	Číslo laryngoskopu a typ laryngoskopie	Počet osob n	Definice	Korelační koeficient	p-hodnota	Závislost
Děti	Spearmanův korelační koeficient	1) 90° stroboskopie	20	Hloubka a	0,5276	0,017*	Silná kladná
			20	Hloubka b	0,2005	0,397	Střední kladná
Ženy	Pearsonův korelační koeficient	1) 90° stroboskopie	40	Hloubka a	-0,1371	0,399	Velmi slabá záporná
			40	Hloubka b	-0,2555	0,112	Slabá záporná
		2) 70° videokymografie	20	Hloubka a	-0,0476	0,842	Velmi slabá záporná
			20	Hloubka b	-0,4086	0,074	Střední záporná
		3) 90° videokymografie	20	Hloubka a	-0,3532	0,127	Slabá záporná
			20	Hloubka b	-0,4083	0,074	Střední záporná
Muži	Pearsonův korelační koeficient	1) 90° stroboskopie	40	Hloubka a	-0,3831	0,015*	Slabá záporná
			40	Hloubka b	-0,2051	0,204	Slabá záporná
		2) 70° videokymografie	20	Hloubka a	-0,3498	0,131	Slabá záporná
			20	Hloubka b	-0,1576	0,507	Velmi slabá záporná
		3) 90° videokymografie	20	Hloubka a	-0,3162	0,174	Slabá záporná
			20	Hloubka b	-0,1379	0,562	Velmi slabá záporná

Nulovou hypotézu H_0 , hloubka vsunutí laryngoskopu do úst není úměrná věku, můžeme zamítnout pro měření u dětí podle hranice horního rtu, protože korelační koeficient je větší než tabelovaná hodnota ($r_{sp20} = 0,380$ pro $n = 20$), naopak hypotézu H_0 nelze zamítnout pro měření od průsečíku středu tubusu se rty. Pro korelaci s věkem je Spearmanův korelační koeficient pro děti statisticky významný podle definice hranice horního rtu, a naopak statisticky nevýznamný podle definice průsečíku středu tubusu se rty na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

U dospělých nemůžeme nulovou hypotézu H_0 zamítnout u žádného z měření, až na měření u mužů pro první laryngoskop podle hranice horního rtu, protože vypočtený korelační koeficient není větší než tabelovaná hodnota (pro $n = 40$ $r_{pe40} = 0,312$; pro $n = 20$ $r_{pe20} = 0,378$). Z těchto výsledků plyne, že zatímco u dětí je hloubka vložení laryngoskopu do úst závislá na výšce a věku, u dospělých tato závislost většinou není významná. Data ode všech měření nicméně ve všech případech vykazují zápornou závislost hloubky vložení laryngoskopu na věku; je zde tedy patrný slabý trend, že se hloubka vložení laryngoskopu snižuje s přibývajícím věkem.

5.6. Intraindividuální variabilita

Pro intraindividuální variability vzdálenosti mikrofonu od úst u daného jedince R a z toho plynoucí intraindividuální variability SPL, byla do vzorce 2 za R dosazena vnější délka tubusu (Příloha 8, Příloha 9, Příloha 10, Příloha 11) naměřená u daného pacienta. Za ΔR byl dosazen rozdíl největší a nejmenší naměřené vnější délky tubusu laryngoskopu u daného jedince pro daný laryngoskop. Tento rozdíl mohl být vypočítán pro všechny pacienty, protože u všech pacientů bylo pořízeno dvě a více fotografií.

Z těchto rozdílů ΔR a vnější délky tubusu R lze pomocí upraveného vzorce pro zákon vzdálenosti (vzorec 1, vzorec 2) určit intraindividuální variabilitu hladiny akustického tlaku ΔL (Tabulka 17, Tabulka 18, Tabulka 19). Pro určení celkového rozsahu variability, tj. její největší kladné a záporné hodnoty, bylo do vzorce 2 dosazeno plus pro určení ΔL_+ , a pro ΔL_- bylo dosazeno mínus. Detailnější tabulky jsou uvedeny jako příloha (Příloha 13, Příloha 14, Příloha 15).

Tabulka 17: Teoretická intraindividuální variabilita hladiny akustického tlaku ΔL vlivem proměnlivé hloubky vložení laryngoskopu do úst. Data jsou pro laryngoskop č.1, který měl integrovaný mikrofon ve vzdálenosti 17,27 cm od konce tubusu laryngoskopu (viz. Obrázek 26). ΔR je rozdíl největší a nejmenší hodnoty vnější délky tubusu pozorovaný během individuálního vyšetření, ΔL_+ a ΔL_- je označení pro použití daného znaménka + nebo - ve vzorci 2. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Skupina	Hloubka a			Hloubka b		
	ΔR [cm]	ΔL_+ [dB]	ΔL_- [dB]	ΔR [cm]	ΔL_+ [dB]	ΔL_- [dB]
S1 ženy	0,32 ± 0,19	+0,31 ± 0,17	-0,33 ± 0,19	0,49 ± 0,31	+0,40 ± 0,23	-0,43 ± 0,27
S2 ženy	0,29 ± 0,12	+0,29 ± 0,13	-0,30 ± 0,14	0,33 ± 0,14	+0,29 ± 0,13	-0,30 ± 0,14
S1 + S2 ženy	0,31 ± 0,16	+0,30 ± 0,15	-0,32 ± 0,16	0,41 ± 0,25	+0,34 ± 0,20	-0,36 ± 0,22
S1 muži	0,33 ± 0,22	+0,35 ± 0,21	-0,37 ± 0,23	0,49 ± 0,38	+0,43 ± 0,31	-0,47 ± 0,36
S2 muži	0,28 ± 0,17	+0,30 ± 0,17	-0,31 ± 0,20	0,41 ± 0,23	+0,36 ± 0,19	-0,38 ± 0,22
S1 + S2 muži	0,30 ± 0,19	+0,33 ± 0,19	-0,34 ± 0,22	0,45 ± 0,31	+0,40 ± 0,26	-0,42 ± 0,30

Rozsah změn SPL u prvního laryngoskopu s 90° úhlem pohledu použitého při strobolaryngoskopii se pohybuje u žen v intervalech $L_{F90Sa} = \langle -0,3 \pm 0,2; +0,3 \pm 0,2 \rangle$ dB podle hranice horního rtu a $L_{F90Sb} = \langle -0,4 \pm 0,2; +0,3 \pm 0,2 \rangle$ dB podle průsečíku středu tubusu se rty.

Rozsah změn SPL zaznamenaný u mužů je v rozmezí intervalů $L_{M90Sa} = \langle -0,3 \pm 0,2; +0,3 \pm 0,2 \rangle$ dB podle hranice horního rtu a podle průsečíku středu tubusu se rty $L_{M90Sb} = \langle -0,4 \pm 0,3; +0,4 \pm 0,3 \rangle$ dB.

Tabulka 18: Teoretická intraindividuální variabilita hladiny akustického tlaku ΔL vlivem proměnlivé hloubky vložení laryngoskopu do úst pro **druhý laryngoskop**. ΔR rozdíl největší a nejmenší hodnoty vnější délky tubusu pozorovaný během individuálního vyšetření při měření žen a mužů podle dvou různých definic (hranice horního rtu a průsečíku středu tubusu se rty), $\Delta L+$ a $\Delta L-$ je označení pro použití daného znaménka + a – ve vzorci 2. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Skupina	Hloubka a			Hloubka b		
	ΔR [cm]	$\Delta L+$ [dB]	$\Delta L-$ [dB]	ΔR [cm]	$\Delta L+$ [dB]	$\Delta L-$ [dB]
S1 ženy	$0,39 \pm 0,22$	$+0,34 \pm 0,19$	$-0,36 \pm 0,22$	$0,53 \pm 0,35$	$+0,39 \pm 0,24$	$-0,41 \pm 0,27$
S1 muži	$0,50 \pm 0,31$	$+0,47 \pm 0,28$	$-0,51 \pm 0,31$	$0,68 \pm 0,36$	$+0,54 \pm 0,28$	$-0,58 \pm 0,33$

U druhého laryngoskopu použitého při videokymografii s 70° úhlem pohledu byl rozsah změn hladiny akustického tlaku u žen v intervalech $L_{F70Va} = \langle -0,4 \pm 0,2; +0,3 \pm 0,2 \rangle$ dB podle hranice horního rtu a $L_{F70Vb} = \langle -0,4 \pm 0,3; +0,4 \pm 0,2 \rangle$ dB podle průsečíku středu tubusu se rty. Pro muže byly tyto změny v rozsahu $L_{M70Va} = \langle -0,5 \pm 0,3; +0,5 \pm 0,3 \rangle$ dB podle hranice horního rtu a $L_{M70Vb} = \langle -0,6 \pm 0,3; +0,5 \pm 0,3 \rangle$ dB podle průsečíku středu tubusu se rty.

Tabulka 19: Teoretická intraindividuální variabilita hladiny akustického tlaku ΔL vlivem proměnlivé hloubky vložení laryngoskopu do úst pro **třetí laryngoskop**. ΔR rozdíl největší a nejmenší hodnoty vnější délky tubusu pozorovaný během individuálního vyšetření při měření žen a mužů podle dvou různých definic (hranice horního rtu a průsečíku středu tubusu se rty), $\Delta L+$ a $\Delta L-$ je označení pro použití daného znaménka + a – ve vzorci 2. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Skupina	Hloubka a			Hloubka b		
	ΔR [cm]	$\Delta L+$ [dB]	$\Delta L-$ [dB]	ΔR [cm]	$\Delta L+$ [dB]	$\Delta L-$ [dB]
S2 ženy	$0,33 \pm 0,19$	$+0,27 \pm 0,15$	$-0,28 \pm 0,16$	$0,48 \pm 0,29$	$+0,32 \pm 0,18$	$-0,34 \pm 0,21$
S2 muži	$0,48 \pm 0,36$	$+0,42 \pm 0,32$	$-0,46 \pm 0,38$	$0,63 \pm 0,40$	$+0,46 \pm 0,31$	$-0,50 \pm 0,35$

Pro třetí laryngoskop použitý pro videokymografii s 90° úhlem pohledu byl rozsah změn SPL pro ženy v intervalech $L_{F90Va} = \langle -0,3 \pm 0,2; +0,3 \pm 0,2 \rangle$ dB podle hranice horního rtu a $L_{F90Vb} = \langle -0,3 \pm 0,2; +0,3 \pm 0,2 \rangle$ dB podle průsečíku středu tubusu se rty. U mužů byly tyto hodnoty v intervalech $L_{M90Va} = \langle -0,5 \pm 0,4; +0,4 \pm 0,3 \rangle$ dB podle hranice horního rtu a $L_{M90Vb} = \langle -0,5 \pm 0,4; +0,5 \pm 0,3 \rangle$ dB podle průsečíku středu tubusu se rty.

5.7. Interindividuální variabilita

Statistický dvouvýběrový F-test prokázal že není statisticky rozdíl mezi variabilitami hloubek vsunutí u jednotlivých laryngoskopů (Tabulka 20) a variabilitami mezi muži a ženami (Tabulka 13), proto nemusíme rozlišovat muže a ženy.

Tabulka 20: Dvouvýběrový *F*-test na rozptyl při nerozlišování mužů a žen. Výsledky testu jsou seřazeny od nejmenší *p*-hodnoty. Hladina významnosti testu $\alpha = 0,05$ je podle Holmovy korekce. Hloubka *a* je podle hranice horního rtu.

Laryngoskopy	<i>p</i> -hodnota pro hloubku <i>a</i>	α^* (pro 0,05/0,01)
1) vs. 2) laryngoskop	0,04166	0,025/0,005
1) vs. 3) laryngoskop	0,47309	0,05/0,01

Protože není statistický rozdíl mezi variabilitami jednotlivých laryngoskopů (Tabulka 20), můžeme vypočítat celkovou průměrnou variabilitu jako odmocninu z průměru kvadrátu směrodatné odchylky pro skupiny s různou střední hodnotou (Tabulka 21).

Tabulka 21: Průměrná hloubka vsunutí laryngoskopu do úst pro všechny skupiny, směrodatná odchylka a její kvadrát, pro určení celkové variability při nerozlišování mužů a žen.

Skupina	Průměrná hloubka [cm]	Směrodatná odchylka [cm]	Kvadrát směrodatné odchylky [cm]
Muži 1) 90° laryngoskop	9,44	0,66	0,44
Muži 2) 70° laryngoskop	9,70	0,92	0,84
Muži 3) 90° laryngoskop	9,47	0,64	0,41
Ženy 1) 90° laryngoskop	8,71	0,60	0,36
Ženy 2) 70° laryngoskop	8,91	0,89	0,79
Ženy 3) 90° laryngoskop	8,83	0,69	0,48
Průměr			0,55
Odmocnina průměru			0,7439

Průměrná variabilita při nerozlišování mužů a žen u všech laryngoskopů je tedy 0,744 cm.

Pro odhad nejistot, které lze očekávat při měření hladiny akustického tlaku u mužů a žen, byl opět použit vzorec 2, kde *R* je průměrná vnější délka tubusu a ΔR je variabilita této vzdálenosti. Variabilita byla určena způsobem výše (Tabulka 21) a rovněž byly použity její dvojnásobky a trojnásobky, které při Gaussově rozložení odpovídají 68,27%, 94,45% a 99,73% intervalu spolehlivosti. Průměrná vnější délka tubusu *R* pro jednotlivé laryngoskopy je popsána v tabulce 22 níže. Jedná se o vzdálenost, do které je umístěn mikrofon na prvním laryngoskopu, a o teoretickou vzdálenost, kde by byl umístěn mikrofon v případě druhého a třetího laryngoskopu.

Tabulka 22: Průměrná vnější délka tubusu podle dvou definic (hranice horního rtu a průřezu středu tubusu se rty) pro muže, ženy a při nerozlišování mužů a žen pro tři typy laryngoskopů. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průřezu středu tubusu se rty.

Skupina	Vnější délka pro hloubku a [cm]			Vnější délka pro hloubku b [cm]		
	1) 90° strobo	2) 70° kymo	3) 90° kymo	1) 90° strobo	2) 70° kymo	3) 90° kymo
S1 ženy	8,6 ± 0,6	9,7 ± 0,9	-	10,2 ± 0,9	11,4 ± 1,0	-
S2 ženy	8,5 ± 0,6	-	10,3 ± 0,7	10,1 ± 0,9	-	12,5 ± 0,7
S1 + S2 ženy	8,6 ± 0,6	-	-	10,1 ± 0,9	-	-
S1 muži	7,8 ± 0,6	8,9 ± 0,9	-	9,42 ± 0,96	10,6 ± 1,1	-
S2 muži	7,8 ± 0,7	-	9,6 ± 0,6	9,6 ± 0,9	-	11,6 ± 0,8
S1 + S2 muži	7,8 ± 0,7	-	-	9,5 ± 0,9	-	-
ženy + muži	8,2 ± 0,7	9,33 ± 0,98	9,9 ± 0,7	9,82 ± 0,98	11,0 ± 1,2	12,1 ± 0,9

Teoretické interindividuální variability hladiny akustického tlaku zjištěné v průměrné vzdálenosti mikrofonu od úst pro první laryngoskop a v teoretické průměrné vzdálenosti pro druhý a třetí laryngoskop, jsou uvedeny v tabulkách 23,24 a 25. Statistický test ukázal, že variability měření hladiny akustického tlaku jsou podobné pro muže a ženy ($p = 0,91$).

Tabulka 23: Teoretické chyby hladiny akustického tlaku pro první laryngoskop s 90° úhlem pohledu použitého pro strobolaryngoskopii. Vzdálenost R_1 je průměrná vnější vzdálenost mikrofonu od úst. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průřezu středu tubusu se rty.

Skupina	Definice	Průměrná vnější délka R_1 [cm]	Směrod. odchyl. σ_1 [cm]	σ_1		$2 \sigma_1$		$3 \sigma_1$	
				ΔL_{a+} [dB]	ΔL_{a-} [dB]	ΔL_{b+} [dB]	ΔL_{b-} [dB]	ΔL_{c+} [dB]	ΔL_{c-} [dB]
Ženy	Hloubka a	8,56	0,60	+0,59	-0,64	+1,15	-1,32	+1,67	-2,06
	Hloubka b	10,13	0,87	+0,72	-0,78	+1,38	-1,64	+2,00	-2,60
Muži	Hloubka a	7,83	0,65	+0,70	-0,76	+1,34	-1,59	+1,94	-2,50
	Hloubka b	9,52	0,94	+0,82	-0,91	+1,57	-1,92	+2,26	-3,07
Ženy a muži	Hloubka a	8,19	0,73	+0,74	-0,81	+1,42	-1,70	+2,05	-2,69
	Hloubka b	9,82	0,98	+0,83	-0,91	+1,58	-1,93	+2,27	-3,09

Tabulka 24: Teoretické chyby hladiny akustického tlaku pro druhý laryngoskop s 70° úhlem pohledu použitého pro videokymografii. Vzdálenost R_2 je průměrná vnější délka laryngoskopu. Uvažujeme, že je mikrofon umístěn v této vzdálenosti. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průřezu středu tubusu se rty.

Skupina	Definice	Průměrná vnější délka R_2 [cm]	Směrod. odchyl. σ_2 [cm]	σ		2σ		3σ	
				ΔL_{a+} [dB]	ΔL_{a-} [dB]	ΔL_{b+} [dB]	ΔL_{b-} [dB]	ΔL_{c+} [dB]	ΔL_{c-} [dB]
Ženy	Hloubka a	9,73	0,86	+0,74	-0,81	+1,42	-1,70	+2,05	-2,69
	Hloubka b	11,42	1,01	+0,74	-0,81	+1,42	-1,69	+2,05	-2,68
Muži	Hloubka a	8,94	0,90	+0,70	-0,76	+1,34	-1,59	+1,94	-2,50
	Hloubka b	10,59	1,14	+0,82	-0,91	+1,57	-1,92	+2,26	-3,07
Ženy a muži	Hloubka a	9,33	0,98	+0,86	-0,96	+1,65	-2,04	+2,37	-3,27
	Hloubka b	11,01	1,17	+0,88	-0,98	+1,67	-2,08	+2,40	-3,34

Tabulka 25: Teoretické chyby hladiny akustického tlaku pro **třetí laryngoskop** s 90° úhlem pohledu použitého pro videokymografii. Vzdálenost R_3 je průměrná vnější délka laryngoskopu. Uvažujeme, že je mikrofon umístěn v této vzdálenosti. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Skupina	Definice	Průměrná vnější délka R_3 [cm]	Směrod. odchyl. σ_3 [cm]	σ		2σ		3σ	
				ΔL_{a+} [dB]	ΔL_{a-} [dB]	ΔL_{b+} [dB]	ΔL_{b-} [dB]	ΔL_{c+} [dB]	ΔL_{c-} [dB]
Ženy	Hloubka a	10,26	0,68	+0,55	-0,59	+1,07	-1,23	+1,57	-1,91
	Hloubka b	12,51	0,71	+0,48	-0,51	+0,93	-1,05	+1,37	-1,62
Muži	Hloubka a	9,62	0,63	+0,70	-0,76	+1,34	-1,59	+1,94	-2,50
	Hloubka b	11,59	0,83	+0,82	-0,91	+1,57	-1,92	+2,26	-3,07
Ženy a muži	Hloubka a	9,94	0,73	+0,62	-0,67	+1,20	-1,39	+1,74	-2,18
	Hloubka b	12,05	0,91	+0,63	-0,68	+1,22	-1,42	+1,77	-2,23

6. Diskuze

6.1. Hloubka vsunutí laryngoskopu do úst v závislosti na délce vokálního traktu

Z důvodu pevně nedefinovaných hranic konce úst byly v této práci použity dvě definice pro měření – hranice horního rtu (hloubka a) a průsečík středu tubusu se rty (hloubka b) (Obrázek 39, Obrázek 40).

Výsledky ukazují, že měření od průsečíku středu tubusu se rty je výrazně více variabilní, a tedy méně spolehlivé (Tabulka 7, Tabulka 8, Tabulka 10, Tabulka 11). Důvodem jsou rozdílné velikosti úst u jednotlivých osob, což zvyšuje možnou variabilitu měření podle této definice. Zároveň také tubus laryngoskopu může být vložen do úst různě a nemusí být nutně přímo ve středu úst, což následně rovněž zvyšuje variabilitu výsledků. Z tohoto důvodu se ukazuje, že je pro další interpretaci a přesnější měření vhodnější používat definici podle hranice horního rtu (hloubka a).

Rozdíly v měření hloubky podle těchto dvou výše zmíněných definic jsou v rozsahu 1,6 cm (Tabulka 7) až 2,3 cm u žen (Tabulka 11) a 1,7 cm (Tabulka 8) až 1,9 u mužů (Tabulka 10). Tyto rozdíly odpovídají předpokladu lehce odlišného způsobu vložení laryngoskopu do úst mezi jednotlivými pacienty tak, aby došlo k co nejlepší vizualizaci hlasivek.

Měření hloubky vsunutí 90° laryngoskopů do úst podle hranice horního rtu u mužů (a_{M90S} , a_9) lze porovnat s měřením podle Guzman a kol. (2013). Měřená hloubka vsunutí laryngoskopu do úst podle této definice právě téměř odpovídá vzdálenosti, kterou měřili i Guzman a kol. (2013) (Obrázek 20 červená čára). Laryngoskop se totiž při vyšetření nedotýká zadní stěny dutiny ústní, kterou do svého měření zahrnuje Guzman a kol. (2013), naopak do měření není zahrnuta část rtů (Obrázek 20 červená čára). V takovém případě lze očekávat přibližně stejnou hodnotu 91,25 mm jakou určili i Guzman a kol. (2013). Námi naměřené hodnoty hloubky vsunutí prvního 90° laryngoskopu (strobolaryngoskopii) jsou pro muže podle hranice horního rtu $a_{M90S} = 9,4 \pm 0,7$ cm a hloubka vsunutí třetího 90° laryngoskopu (videokymografii) $a_9 = 9,5 \pm 0,6$ cm. Vidíme, že měření podle Guzman a kol. (2013) spadá do intervalu námi naměřených hodnot. Naše měření je průměr 40ti různých osob různého věkového (18-91 let) a výškového (157-198 cm) rozsahu, kdežto Guzman a kol. (2013) měřili pouze jednoho muže.

Průměrné hloubky vsunutí laryngoskopu do úst pro muže i ženy lze porovnat i s výsledky z bakalářské práce (Valášková 2018), obsahující měření pro jiné osoby než v práci diplomové. Naměřené hodnoty z bakalářské práce nebyly využity v diplomové práci pro srovnání výsledků naměřených hodnot. Zároveň bylo měření v bakalářské práci pouze pro první 90° laryngoskop, kdežto v diplomové práci se vyskytují skupiny žen a mužů, kteří byli vždy vyšetřeni dvěma typy laryngoskopu.

Průměrná hloubka vsunutí prvního 90° laryngoskopu (strobolaryngoskop) do úst určena v bakalářské práci byla pro muže podle horní hranice rtu $a_M = 9,3 \pm 0,6$ cm a pro ženy podle hranice horního rtu $a_F = 8,5 \pm 0,7$ cm. Porovnáním těchto hodnot s hodnotami z diplomové práce (Tabulka 7, Tabulka 8), kde byla určena průměrná hloubka vsunutí laryngoskopu do úst pro muže podle horní hranice rtu $a_{M90S} = 9,4 \pm 0,7$ cm a pro ženy podle horní hranice rtu $a_{F90S} = 8,7 \pm 0,6$ cm, lze vidět, že se hodnoty téměř shodují (maximální rozdíl průměru 0,2 cm). Podobnost výsledků potvrdil i t-test, ve kterém rozdíly mezi výsledky z diplomové a bakalářské práce vyšly statisticky nevýznamné: pro muže to byly hodnoty $p = 0,386$ pro horní hranici rtu a pro ženy hodnoty $p = 0,167$ pro horní hranici rtu.

Dále lze měření průměrné hloubky vsunutí laryngoskopu do úst srovnat s měřením, které prováděli Vorperian a kol. (2009) a Goldsteinová (1980). Z měření Vorperiana a kol. (2009) zobrazené v grafu (Obrázek 22) můžeme odhadnout průměrnou horizontální délku vokálního traktu jako $v_F = 9,5$ cm pro ženy a $v_M = 10$ cm pro muže, která se od 18. roku života nemění. Měření podle Goldsteinové (1980) je $g_F = 7,75$ cm pro ženy a $g_M = 8,07$ cm pro muže (Tabulka 3), které se od 21. roku nemění.

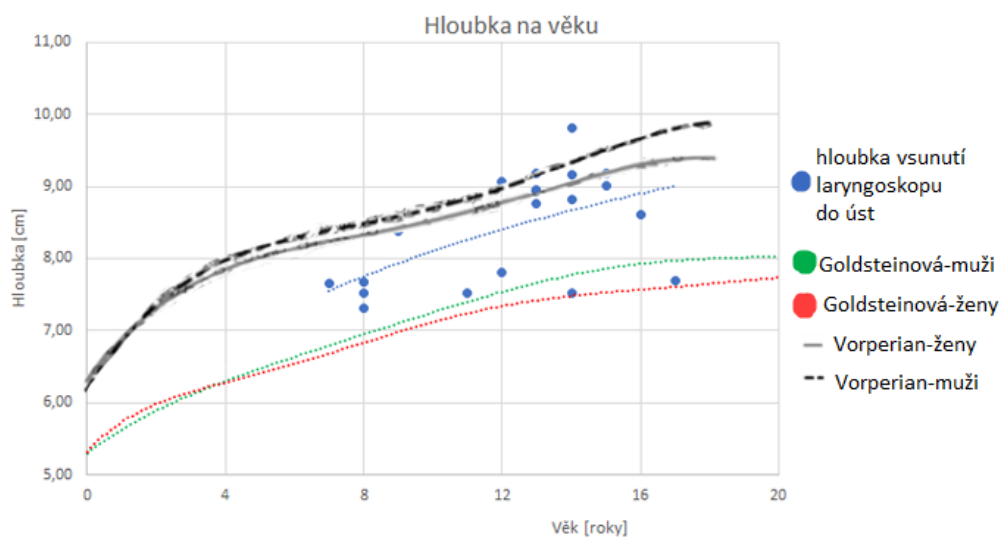
Protože Vorperian a kol. (2009) měřili horizontální délku vokálního traktu včetně zadní stěny dutiny ústní, kam vložený laryngoskop nezasahuje, očekávali jsme, že námi naměřené hodnoty budou menší než měřením podle Vorperiana a kol. (2019). Naopak Goldsteinová (1990) neměřila vzdálenost rtů, která je měřena v této diplomové práci v definici podle hranice horního rtu, proto lze očekávat námi naměřené hodnoty větší než měření podle Goldsteinové (1990). Výsledky měření potvrzují tyto předpoklady - hloubky vsunutí laryngoskopu do úst podle hranice horního rtu jsou pro všechny tři laryngoskopy (Tabulka 7, Tabulka 8, Tabulka 10, Tabulka 11) v oblasti mezi výsledky Vorperiana a kol. (2009) a Goldsteinové (1990) (Tabulka 3, Obrázek 20, Obrázek 21, Obrázek 22).

Z naměřených dat a výše zmíněného vidíme, že hloubka vsunutí laryngoskopu do úst odpovídá horizontální délce vokálního traktu jak u mužů i žen, kdy však z důvodu nedotýkání se zadní stěny dutiny ústní jsou hodnoty zmenšeny o tuto vzdálenost. Vzdálenost, o kterou jsou hodnoty zmenšeny, odpovídá 0,79-0,67 cm u žen a 0,56-0,53 cm u mužů, pokud

od měření podle Vorperiana a kol. (2009) odečteme námi určené průměrné hloubky vsunutí prvního a třetího 90° laryngoskopu.

Na základě těchto měření tedy lze předpokládat hloubku vsunutí laryngoskopu do úst u dané osoby na základě horizontální délky vokálního traktu obsahující ve svém měření i rty.

Kromě hloubky vsunutí laryngoskopu do úst u dospělých osob bylo měření prováděno i u dětí, avšak pouze pro první laryngoskop s 90° úhlem pohledu použitého při strobovideolaryngoskopii. Naměřené hodnoty můžeme opět porovnat s měřením podle Vorperiana a kol. (2009) a Goldsteinové (1990) (Obrázek 41).



Obrázek 41: Srovnání naměřených hodnot průměrné hloubky vsunutí prvního laryngoskopu do úst (modře, lineárně fitováno) v závislosti na věku pro děti s hodnotami určené Vorperianem a kol. (2009) – černá (přerušovaně muži, plně ženy), a Goldsteinovou (1990) – zelená (muži) a červená (ženy).

Opět vidíme, že měření podle hranice horního rtu (Obrázek 41 modře) je mezi hodnotami určené Vorperianem a kol. (2009) a Goldsteinovou (1990). Celkově vidíme výrazně nárůst hloubky vsunutí laryngoskopu do úst v závislosti na věku až do 15 let. Sklon křivky odvozené z našich dat přibližně odpovídá sklonu křivek Vorperiana a kol. (2009) a Goldsteinové (1990), i přesto, že v našem případě vycházíme z výrazně menšího množství pozorování.

Narůst hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s věkem lze u dětí logicky předpokládat z důvodu jejich výškového růstu a vývoje ve sledovaném věkovém období (Obrázek 16, Obrázek 17).

6.2. Korelace hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s věkem a výškou

Kromě sledování věku dětí byla měřena i jejich výška pro určení korelace hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s věkem a výškou (Tabulka 15, Tabulka 16). U dětí vyšla silná kladná a střední kladná korelace hloubky vsunutí laryngoskopu do úst s výškou, která byla statisticky velmi významná (Tabulka 15) ($r_{kkl} = 0,73107$, $p = 0,0003$). Můžeme si povšimnout, že naopak korelace u dospělých s výškou byla spíše slabá kladná až slabá záporná (s významností $p = 0,101-0,898$). Výsledky potvrzují naše předpoklady, že u dospělých hloubka vsunutí laryngoskopu do úst nezávisí na výšce těla.

Silná kladná a střední kladná korelace u dětí vyšla i u závislosti hloubky vsunutí laryngoskopu do úst na věku (Tabulka 16) ($r_{kk} = 0,5276$, $p = 0,017$; $r_{kk} = 0,2005$, $p = 0,397$). Tato korelace u dětí se dá předpokládat, vzhledem k růstu v tomto věkovém období a výrazným změnám ve velikost hlavy včetně dutiny ústní (Obrázek 16, Obrázek 17, Obrázek 18, Tabulka 3, Obrázek 22). U dospělých vyšla opět korelace s věkem slabá až velmi slabá záporná (Tabulka 16) a statisticky nevýznamná, což potvrzuje naše předpoklady, že hloubka vložení laryngoskopu do úst u dospělých není významně závislá na věku. Podrobnější analýza dat však ukazuje určitý slabý trend, že se hloubka vložení laryngoskopu může sice nevýznamně, ale přesto mírně snižovat s přibývajícím věkem. Pravdivost tohoto trendu by, nicméně, bylo třeba ověřit na větším množství dat.

Obě korelace s věkem a výškou se u dětí projeví jako statisticky významné se silnou až střední kladnou korelací. Korelace s výškou se u dětí projevuje jako statisticky signifikantnější než korelace s věkem, což se jeví jako logické, vzhledem k tomu, že u stejně starých dětí jsou rozdíly ve výšce těla. Z praktického hlediska můžeme tedy očekávat menší hloubku vsunutí laryngoskopu do úst u dětí než u dospělých osob.

6.3. Rozdíly hloubky vsunutí laryngoskopu do úst mezi 70° a 90° laryngoskopem

Teoretický model řídicí se podle úhlu pohledu na hlasivky a úhlu, který laryngoskopy svírají (20°) předpokládá, že poměr mezi hloubkami vsunutí je 0,94 podle vzorce 8. Odpovídá situaci, kdy pacient nemění svou polohu hlavy a dutiny ústní vůči hrtanu a dochází k vložení laryngoskopu do dutiny ústní právě pod zmiňovaným úhlem 20°. Naměřené skutečné poměry hloubek vsunutí laryngoskopů do úst můžeme vidět v tabulce 26.

Tabulka 26: Naměřené poměry mezi dvěma laryngoskopy pro stejné pacienty (skupiny 1) vyšetřené laryngoskopy 1) 90° strobolaryngoskopií a 2) 70° videokymografií. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Skupina	90° stroboskopie vs 70° videokymografie	
	Hloubka a	Hloubka b
Muži (S1)	0,98 ± 0,08	0,982 ± 0,095
Ženy (S1)	0,97 ± 0,06	0,98 ± 0,08
Muži a ženy	0,98 ± 0,07	0,98 ± 0,09

Poměry hloubek vsunutí laryngoskopů do úst 0,98 odpovídají úhlu $\sim 11^\circ$ mezi 70° a 90° laryngoskopy.

Rozdíl v poměru u teoretických a naměřených hodnot je ovlivněn způsobem vložení laryngoskopu do úst, který lékař vkládá pro nejlepší vizualizaci hlasivek, nehledě na úhel svírající 90° a 70° laryngoskop v teoretickém modelu (Obrázek 23). Zároveň musí být přihlíženo na anatomické struktury a poměry, které jsou složitější, než ukazuje teoretický model a zároveň se liší u jednotlivých pacientů. Důležitý je zejména fakt, že poloha hlavy vůči krku bývá během vyšetření odlišná mezi 90° a 70° laryngoskopem (viz Obrázek 7). Tento fakt by měl být brán v úvahu při dalších teoretických modelech.

Při porovnávání hloubek vsunutí laryngoskopů do úst mezi jednotlivými laryngoskopy použitím *One-way* ANOVA statistického testu bylo zjištěno, že nelze zamítnout nulovou hypotézu H_0 o rovnosti středních hodnot (Tabulka 27).

Tabulka 27: Výsledek statistického testu *one-way* ANOVA při porovnávání hloubek vsunutí laryngoskopů č. 1 až 3 do úst pro skupiny žen, mužů, a mužů i žen dohromady. **Hloubka a** je podle hranice horního rtu.

Definice Skupina	Hloubka a	
	F-hodnota	p-hodnota
Ženy	0,619	0,541
Muži	0,679	0,51
Ženy a muži	1,125	0,327

Z tabulky (Tabulka 27) vyplývá, že nulovou hypotézu H_0 tedy nelze zamítnout pro žádnou ze skupin, protože platí nerovnost $p\text{-hodnota} > 0,05$.

Protože naměřené skupiny S1 a S2 byly ale vždy vyšetřeny dvěma typy laryngoskopů, můžeme provést párový t-test (Tabulka 28) a podrobněji tak srovnat hloubky vsunutí pro jednotlivé laryngoskopy.

Tabulka 28: Párový t-test pro skupiny vyšetřené dvěma typy laryngoskopů. Skupina S1 byla vyšetřena laryngoskopy č. 1 a 2 a skupina S2 byla vyšetřena laryngoskopy č. 1 a 3. Výsledek je pro hladinu $\alpha = 0,05$ podle Holmovy korekce. **Hloubka** α je podle hranice horního rtu. Významnost výsledků na hladině $\alpha = 0,05$ je označena hvězdičkou (*) a na hladině $\alpha = 0,01$ dvěma hvězdičkami (**).

Definice	Hloubka α				
	Skupina	tStat	tkrit(2)	p-hodnota P(T<=t)(2)	α^* (pro 0,05/0,01)
Ženy a muži (S1): laryngoskop č. 1 vs. 2		2,50	2,02	0,0167*	0,025/0,005
Ženy a muži (S2): laryngoskop č. 1 vs. 3		0,70	2,02	0,4906	0,05/0,01

Největší hloubka vsunutí laryngoskopu do úst byla očekávána u 70° laryngoskopu použitého při videokymografii, protože vložení tohoto laryngoskopu do úst je pod větším úhlem než zbylé laryngoskopy a způsob vložení do úst sleduje přeponu v pravoúhlém trojúhelníku, kdežto zbylé 90° laryngoskopy jsou přilehlé strany (Obrázek 23). Průměrná hloubka vsunutí 70° laryngoskopu do úst použitého při videokymografii byla v porovnání s 70° laryngoskopem opravdu větší jak u mužů tak u žen (Tabulka 10). Statistický test rovněž ukazuje (Tabulka 28), že je statisticky významný rozdíl ($p = 0,0167$) mezi prvním a druhým laryngoskopem při nerozlišování mužů a žen. Naopak mezi prvním a třetím laryngoskopem není statisticky významný rozdíl ($p = 0,4906$). Tyto výsledky potvrzují naši hypotézu, že není rozdíl v hloubce vložení mezi dvěma laryngoskopy s úhlem 90° při stroboskopickém a videokymografickém vyšetření, ale je významný rozdíl mezi 90° a 70° laryngoskopem.

6.4. Statistické rozdíly hloubky vsunutí laryngoskopu do úst mezi muži a ženami

Porovnáním mužů a žen v hloubce vsunutí laryngoskopů do úst ukázal statistický test (Tabulka 14), že rozdíly mezi muži a ženami jsou statisticky významné a velmi významné. Hloubka vložení laryngoskopu do úst je tedy v průměru o 0,72 cm menší u žen než u mužů. To znamená, že při použití identického laryngoskopu s vestavěným mikrofonem lze očekávat, že ženy budou mít mikrofon od úst dále než muži a teoreticky by měly také menší variabilitu hladiny akustického tlaku oproti mužům, protože variabilita hladiny akustického tlaku klesá se vzdáleností (Obrázek 14, Obrázek 42). Zároveň není statistický rozdíl mezi prvním a třetím laryngoskopem, ale je statistický rozdíl mezi prvním a druhým laryngoskopem (Tabulka 27, Tabulka 28), a zároveň existuje statisticky významný rozdíl mezi muži a ženami. Nezávisí tedy na tom, zdali je 90° laryngoskop použit při

videokymografickém či stroboskopickém vyšetření, ale závisí na pohlaví, tj. na anatomických rozdílech.

Statistický rozdíl hloubek vsunutí laryngoskopů do úst mezi muži a ženami byl rovněž určován i v bakalářské práci (Valášková 2018), kde byl mezi muži a ženami podle hranice horního rtu také statisticky velmi významný rozdíl ($p = 0,0004$) pro 90° laryngoskop použitý pro stroboskopiální laryngoskopii.

Výsledky tohoto statistického testu potvrzují hypotézu, že hloubka vložení laryngoskopu do úst je přímo úměrná velikosti vokálního traktu – jak bylo uvedeno v kapitole 6.1., předchozí anatomická měření ukázala, že vokální trakty u mužů jsou rozměrově delší než u žen.

6.5. Očekávané nepřesnosti měření hladiny akustického tlaku vlivem variability hloubky vložení laryngoskopu do úst

Z naměřených hodnot průměrné hloubky vsunutí laryngoskopů Xion do úst a vnější délky tubusů laryngoskopů lze odvodit teoretické nepřesnosti hladiny akustického tlaku (SPL) hlasu snímané mikrofonom, který je připevněn k laryngoskopům právě na zmíněném konci tubusu směrem od úst. Tyto teoretické nepřesnosti lze očekávat vlivem variability hloubky vložení laryngoskopu do úst.

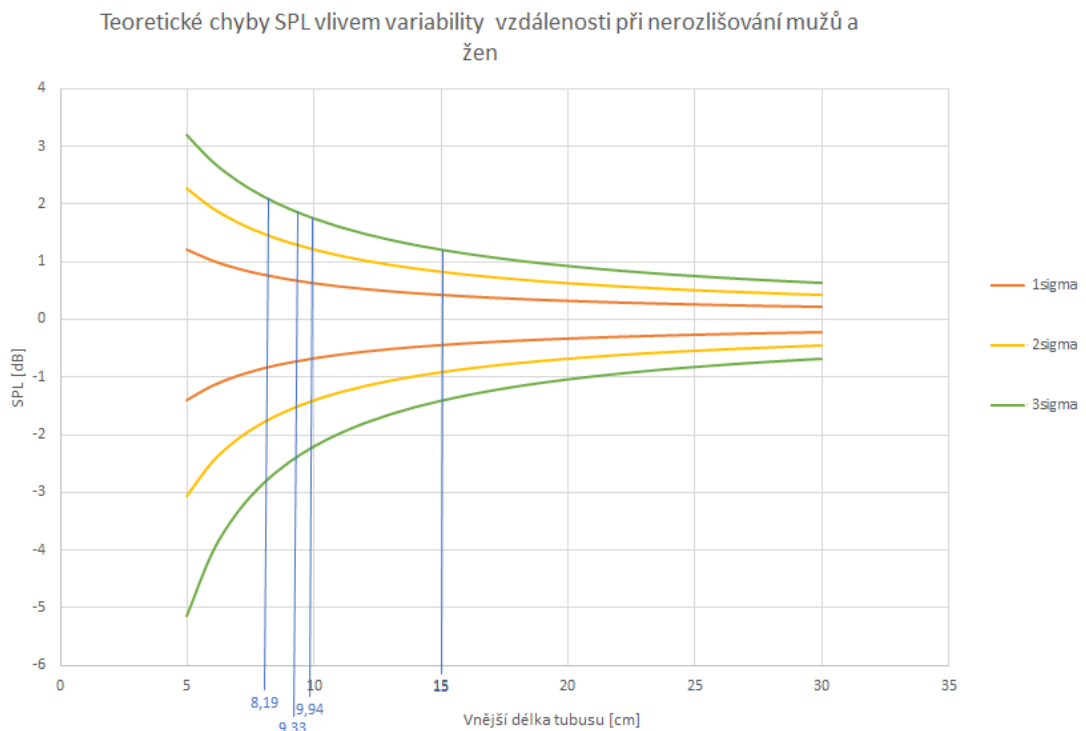
6.5.1. Intraindividuální variabilita

Intraindividuální variability SPL u jednotlivých pacientů pro jednotlivé laryngoskopy byly uvedeny v tabulkách 17, 18 a 19. Můžeme si povšimnout, že v průměru nejsou tyto změny větší než hodnota ± 1 dB. Avšak při bližším pohledu na hodnoty jednotlivých pacientů, kteří mají hloubku vsunutí laryngoskopu do úst menší než průměrná (Příloha 4, Příloha 5, Příloha 6, Příloha 7) a zároveň tedy mají větší variabilitu, se vyskytují i změny větší než ± 1 dB (Příloha 12, Příloha 13, Příloha 14). Při laryngoskopickém vyšetření a zaznamenávání SPL může být vhodné, aby žádný z pacientů, respektive alespoň 95% většina, neměla variabilitu hladiny akustického tlaku větší než ± 1 dB. Aby změna byla menší, je potřeba umístit laryngoskop do větší vzdálenosti, kterou lze odvodit na základě naměřených průměrných hodnot vsunutí laryngoskopu do úst (viz dále).

6.5.2. Interindividuální variabilita

Vidíme, že intraindividuální variability jsou menší než interindividuální variability. To je způsobeno tím, že interindividuální jsou hodnoty z průměru několika osob, kdežto

intraindividuální jsou pro každého pacienta zvlášť. Můžeme tedy potvrdit naši hypotézu, že interindividuální variabilita je větší. Statistický test ukázal, že mezi variabilitami hloubek vsunutí laryngoskopů do úst není statisticky významný rozdíl (1) a 3) $p = 0,473$; 1) a 2) $p = 0,0417$). Rovněž teoretické chyby měření hladiny akustického tlaku jsou podobné pro muže a ženy ($p = 0,89$). Mezi muži a ženami jsou rozdíly v SPL vlivem interindividuální variability pouze v setinách dB (Tabulka 23, Tabulka 24, Tabulka 25). Z tohoto důvodu můžeme při určování variability hladiny akustického tlaku (SPL) muže a ženy nerozlišovat a vykreslit závislosti variability SPL na vzdálenosti v jednom grafu (Obrázek 42).



Obrázek 42: Teoretické chyby měření hladiny akustického tlaku mikrofonem připevněným k laryngoskopu vlivem zjištěné průměrné variability hloubky vložení laryngoskopu do úst ($1\sigma \Delta R = 0,74$ cm oranžově, $2\sigma \Delta R = 1,49$ cm žlutě, $3\sigma \Delta R = 2,23$ cm zeleně). Je uvažována průměrná interindividuální variabilita pro muže a ženy dohromady. Vzdálenost mikrofonu je zde počítána od hranice horního rtu (hloubka a). Vertikální modrou čarou je vyznačena doporučená 15 cm vzdálenost mikrofonu od úst při laryngoskopii podle Wendlera (1992) a průměrné vnější vzdálenosti 8,19 cm; 9,33 cm a 9,94 cm.

Pro muže, ženy i při nerozlišování si můžeme povšimnout (Tabulka 23, Tabulka 24, Tabulka 25), že pro 95% interval spolehlivosti (2σ) jsou variability hladiny akustického tlaku pro všechny tři laryngoskopy Xion pro zjištěnou průměrnou vzdálenost mikrofonu od úst větší než ± 1 dB.

Pro udržení změny hladiny akustického tlaku v hodnotách ± 1 dB, musí být variabilita vzdálenosti mikrofonu od úst menší než ± 12 % celkové vzdálenosti mikrofonu od úst. Pro námi určené průměrné vzdálenosti při nerozlišování mužů a žen a jejich variability (2σ) se

však jedná o více než $\pm 12\%$ pro jednotlivé laryngoskopy Xion (Tabulka 29 – řádek variabilita vzdálenosti [%]).

Tabulka 29: Určení maximální variability vzdálenosti mikrofonu od úst při námi určené průměrné vzdálenosti mikrofonu od úst (95% interval spolehlivosti) pro dodržení změny hladiny akustického tlaku v hodnotách ± 1 dB. **Hloubka a** je podle hranice horního rtu.

Definice	90° stroboskopie	70° videokymografie	90° videokymografie
	Hloubka a	Hloubka a	Hloubka a
Vzdálenosti [cm]	8,2 \pm 0,7	9,33 \pm 0,98	9,9 \pm 0,7
Variabilita vzdálenosti (2 σ) [cm]	1,46	1,95	1,47
Variabilita vzdálenosti [%] 12%	17,83 %	20,9 %	14,79 %
vzdálenosti [cm]	0,98	1,12	1,19

V tabulce 29 vidíme, že námi naměřené variability (2σ) pro námi určené průměrné vzdálenosti mikrofonu od úst (vnější délka tubusu) při nerozlišování mužů a žen jsou větší než tolerance $\pm 12\%$ celkové vzdálenosti. Abychom variabilitu hladiny akustického tlaku udrželi v nepřesnostech ± 1 dB, musela by být variabilita vzdálenosti mikrofonu od úst u jednotlivých laryngoskopů Xion maximálně asi 1 cm (Tabulka 29– řádek 12% vzdálenosti), což při běžném laryngoskopickém vyšetření nelze zaručit. Pokud bychom uvažovali průměrnou variabilitu $\Delta R = 1,49$ cm (2σ , 95%) jednalo by se opět o více než 12% vzdálenosti - 1) 18,2%; 2) 15%; 3) 15%.

V obrázku 42 jsou ukázané teoretické variability SPL, pokud by mikrofon byl umístěn v jiné vzdálenosti, než je nyní pevně umístěn, s průměrnou variabilitou hloubky vsunutí $\Delta R = 1,49$ cm (2σ , 95%). Vidíme, že variability hladiny akustického tlaku jsou největší u nejmenších vzdáleností a s rostoucí vzdáleností klesají. Na obrázku 42 je zároveň zvýrazněna doporučená vzdálenost 15 cm podle Wendlera (1992), která u laryngoskopu č.1 s integrovaným mikrofonem není dodržena a je vždy v menší vzdálenosti než 15 cm.

Aby byla nejistota měření hladiny akustického tlaku udržena v rozmezí ± 1 dB pro běžnou variabilitu hloubky vložení laryngoskopu do úst $\Delta R = 1,49$ cm (2σ , 95%), musel by být mikrofon pro jednotlivé laryngoskopy Xion připevněn ve vzdálenostech uvedených v tabulce níže (Tabulka 30).

Tabulka 30: Nejmenší celočíselná vzdálenost mikrofonu od úst v cm při nerozlišování mužů a žen, ve kterých lze očekávat hodnotu variability hladiny akustického tlaku menší než ± 1 dB a vzdálenosti odpovídající umístění mikrofonu od konce laryngoskopu při průměrné variabilitě $\Delta R = 1,49$ cm (2σ , 95%). **Hloubka a** je podle hranice horního rtu.

	Definice	90° stroboskopie	70° videokymografie	90° videokymografie
Hloubka a	Naměřená vnější délka tubusu [cm]	8,2 ± 0,7	9,33 ± 0,98	9,9 ± 0,7
	Teoretická změna SPL [dB]	$\langle -1,74; +1,45 \rangle$	$\langle -1,51; +1,28 \rangle$	$\langle -1,41; +1,21 \rangle$
	Doporučená vzdálenost mikrofonu od úst [cm]	14	14	14
	Vzdálenost mikrofonu od konce tubusu podle měření průměrné hloubky vsunutí laryngoskopu do úst [cm]	23,1	23,3	23,2
	Změna SPL v doporučené vzdálenosti 14 cm od úst [dB]	$\langle -0,98; +0,87 \rangle$	$\langle -0,98; +0,87 \rangle$	$\langle -0,98; +0,87 \rangle$

V tabulce 30 vidíme, že vzdálenosti mezi ústy a koncem tubusu od úst, kde je mikrofon nejčastěji připevněn (Příloha 8), je mnohem menší než námi zjištěné vzdálenosti, ve kterých by změna hladiny akustického tlaku byla ± 1 dB (Tabulka 30). Výsledky z tabulky 30 můžeme zároveň vidět na obrázku 42, kdy v těchto vzdálenostech jsou změny hladiny akustického tlaku menší než ± 1 dB. Zároveň jsou v těchto vzdálenostech tolerovány větší variability vzdálenosti mikrofonu od úst.

Jak už bylo zmiňováno, podle Wendlera (1992) by měl být mikrofon umístěn ve vzdálenosti 15 cm od úst. Pokud bychom k průměrné hloubce vsunutí laryngoskopu do úst podle hranice horního rtu určené v této diplomové práci při nerozlišování mužů a žen $c_1 = 9,1 \pm 0,7$ cm, $c_4 = 9,31 \pm 0,98$ cm a $c_6 = 9,2 \pm 0,7$ cm přičetli 15 cm, musel by se mikrofon nacházet ve vzdálenosti $m_{90SaW} = 24,1$ cm pro první laryngoskop, $m_{70VaW} = 24,3$ cm pro druhý laryngoskop a $m_{90VaW} = 24,2$ cm pro třetí laryngoskop od konce tubusu laryngoskopu. Na obrázku 42 (žlutě) vidíme, že při umístění mikrofonu v této vzdálenosti při námi určených teoretických variabilitách bude změna hladiny akustického tlaku menší než ± 1 dB podle hranice horního rtu při 95% intervalu spolehlivosti (2σ).

Pokud by měření probíhalo ve výše zmiňovaných vzdálenostech (Tabulka 30) při stejné průměrné variabilitě 1,49 cm (2σ , 95%) při průměrné vzdálenosti mikrofonu od úst (Tabulka 29), byly by nepřesnosti rovněž v hodnotách ± 1 dB, jelikož by se dané variability vzdálenosti také nacházely v přípustné toleranci ± 12 %. Mikrofon by se musel nacházet ve vzdálenosti $m_{90Sa} = 23,1$ cm pro první laryngoskop, $m_{70Va} = 23,3$ cm pro druhý laryngoskop a $m_{90Va} = 23,2$ cm pro třetí laryngoskop od konce tubusu laryngoskopu.

Při odvozování výše zmíněných variabilit hladin akustického tlaku nebyly uvažovány chyby způsobené odrazem zvuku od vyšetřujícího lékaře, který drží laryngoskop v ruce. Variability určené v této práci (Tabulka 23, Tabulka 24, Tabulka 25) mohou být tedy ještě vyšší vlivem odrazů než námi určené teoretické změny. Výsledné nepřesnosti mohou být ještě větší, a jelikož už námi odvezené hodnoty jsou větší než tolerované nepřesnosti ± 1 dB i bez započítání odrazů, bylo by vhodné pro budoucí práce v této oblasti vzít tyto nepřesnosti v úvahu.

7. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo určit průměrnou hloubku vsunutí laryngoskopů do úst pro muže a ženy podle dvou definic – od hranice horního rtu a od průsečíku středu tubusu se rty. Měření byla provedena pro tři typy laryngoskopů značky Xion s různým úhlem pohledu, použitých pro videokymografii a videostroboskopii. Následně byly z naměřených hodnot vypočítány teoretické nepřesnosti v měření hladiny akustického tlaku, tj. intraindividuální a interindividuální variabilita.

Průměrná hloubka vsunutí laryngoskopů do úst od horní hranice rtu pro muže byla $a_{M90S} = 9,4 \pm 0,7$ cm, $a_7 = 9,7 \pm 0,9$ cm, $a_9 = 9,5 \pm 0,6$ cm a pro ženy $a_{F90S} = 8,7 \pm 0,6$ cm, $a_6 = 8,9 \pm 0,9$ cm, $a_8 = 8,8 \pm 0,7$ cm pro jednotlivé laryngoskopy. Průměrná hloubka vsunutí laryngoskopů do úst podle průsečíku středu tubusu se rty se ukazuje jako menší, ale více variabilní. U mužů byla $b_{M90S} = 7,75 \pm 0,96$ cm, $b_7 = 8,1 \pm 1,2$ cm, $b_9 = 7,5 \pm 0,9$ cm a pro ženy $b_{F90S} = 7,1 \pm 0,9$ cm, $b_6 = 7,22 \pm 1,04$ cm, $b_8 = 6,6 \pm 0,7$ cm pro jednotlivé laryngoskopy.

Rovněž byl prokázán statistický rozdíl mezi muži a ženami v hloubce vsunutí laryngoskopů do úst, který lze vzhledem k anatomickým rozdílům očekávat. Statistická *p*-hodnota jednotlivých *t*-testu byla $p_{90Sa} = 0,000001^{**}$ pro první laryngoskop (hloubka *a*), $p_{70Va} = 0,00867^*$ pro druhý laryngoskop (hloubka *a*) a $p_{90Va} = 0,004693^*$ pro třetí laryngoskop (hloubka *a*).

Při nerozlišování mužů a žen byla průměrná hloubka vsunutí laryngoskopu do úst podle hranice horního rtu $c_1 = 9,1 \pm 0,7$ cm, $c_4 = 9,31 \pm 0,98$ cm, $c_6 = 9,2 \pm 0,7$ cm a podle průsečíku středu tubusu se rty $c_2 = 7,45 \pm 0,98$ cm, $c_5 = 7,6 \pm 1,2$ cm, $c_7 = 7,0 \pm 0,9$ cm u jednotlivých laryngoskopů.

Ukázalo se, že v hloubce vložení do úst neexistuje rozdíl mezi 1) a 3) laryngoskopem, při měření od hranice horního rtu pro skupinu nerozlišující muže a ženy ($p = 0,4906$). Avšak existuje statisticky významný rozdíl mezi 1) a 2) laryngoskopem při nerozlišování mužů a žen ($p = 0,0167$).

U dětí byla prokázána statistická závislost hloubky vsunutí laryngoskopu do úst na výšce a věku. Korelační koeficienty byly $r_{kkv\acute{y}} = 0,731074$ (Spearmanův korelační koeficient) s *p*-hodnotou $p_{kkv\acute{y}} = 0,0003$ pro výšku a $r_{kkv\grave{e}} = 0,527559$ (Spearmanův korelační koeficient) s *p*-hodnotou $p_{kkv\grave{e}} = 0,017$ pro věk. I tuto závislost lze předpokládat vzhledem k růstu dětí ve sledovaném věku.

Průměrná vnější délka tubusu při nerozlišování mužů a žen byla $z_{90Sa} = 8,2 \pm 0,7$ cm, $z_{70Va} = 9,33 \pm 0,98$ cm, $z_{90Va} = 9,9 \pm 0,7$ cm od hranice horního rtu, a $z_{90Sb} = 9,82 \pm 0,98$ cm, $z_{70Vb} = 11,0 \pm 1,2$ cm, $z_{90Vb} = 12,1 \pm 0,9$ cm od průsečíku středu tubusu se rty pro jednotlivé laryngoskopy.

Intraindividuální variability hladiny akustického tlaku u byly u pacientů větší než hodnota ± 1 dB.

Interindividuální variability u jednotlivých laryngoskopů byly $\Delta R_{2\sigma 90Sa} = 1,46$ cm, $\Delta R_{2\sigma 70Va} = 1,95$ cm, $\Delta R_{2\sigma 90Va} = 1,47$ cm pro průměrné vzdálenosti mikrofonu od úst zmíněných výše. Změna hladin akustického tlaku u jednotlivých laryngoskopů byla v rozsahu $\Delta SPL_{2\sigma 90Sa} = \langle -1,7; +1,4 \rangle$ dB pro první laryngoskop (hloubka a), $\Delta SPL_{2\sigma 70Va} = \langle -2,0; +1,7 \rangle$ dB pro druhý laryngoskop (hloubka a), $\Delta SPL_{2\sigma 90Va} = \langle -1,4; +1,2 \rangle$ dB pro třetí laryngoskop (hloubka a). Zde bylo prokázáno, že nepřesnosti v měření hladin akustického tlaku jsou větší než hodnota ± 1 dB.

Statistický test prokázal že není statisticky významný rozdíl mezi variabilitami u jednotlivých laryngoskopů ($p = 0,473$). Proto bylo z průměrné variability $\Delta R = 1,49$ cm (2σ , 95%) a průměrné hloubky vsunutí laryngoskopu do úst odvozeno doporučení pro umístění mikrofonu do vzdáleností $m_{90Sa} = 23,1$ cm, $m_{70Va} = 23,3$ cm a $m_{90Va} = 23,2$ cm od konce tubusu, aby byly změny menší než ± 1 dB. V těchto případech by byl mikrofon umístěn u dospělých v průměrné vzdálenosti 14 cm od úst. Zároveň je v této vzdálenosti variabilita SPL menší než ± 1 dB.

Pokud bychom mikrofon umisťovali do vzdálenosti 15 cm od úst doporučené podle Wendlera (1992) nacházel by se mikrofon ve vzdálenosti $m_{90SaW} = 24,1$ cm pro první laryngoskop, $m_{70VaW} = 24,3$ cm pro druhý laryngoskop a $m_{90VaW} = 24,2$ cm pro třetí laryngoskop od konce tubusu laryngoskopu a rovněž by nepřesnosti v měření hladin akustického tlaku nebyly větší než hodnota ± 1 dB.

8. Seznam literatury

- Ardran G.M, Kemp F.H (1968) The mechanism of changes in form of the cervical airway in infancy. *Medical radiography and photography* **44**, 26-38.
- Beneš J., Jiráček D., Wallace C., Vitek F. (2015a) Akustika hlasu a řeči. In: *Základy lékařské fyziky*. 4th ed., Karolinum, Praha, Česká republika, 167.
- Beneš J., Kyplová J., Vitek F. (2015b) Akustika hlasu a řeči. In: *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory*. 1st ed., Grada, Praha, Česká republika, 129.
- Broadbent B.H. Sr., Broadbent B.H. Jr., Golden W.H. (1975) *Bolton standards of dentofacial developmental growth*. 1st ed., Mosby, Saint Louis, U.S.A., 166 stran.
- Bukatko D., Daehler M.W. (2012) Brain, motor skill, and physical development. In: *Child development: a thematic approach*. 6th ed. (Hague J.D, Perkins J. eds.), Wadsworth Cengage Learning, Belmont, U.S.A., 152-197.
- Chrobok V., Kučera M., Frič M. (2011) Anatomie hlasotvorného ústrojí. In: *Foniatrie – hlas*. 1st ed. (Chrobok V. ed.), Tobiáš, Havlíčkův Brod, Česká republika, 24-41.
- Čihák R. (2009) Růst těla po narození. In: *Anatomie 1*. 2nd ed., Grada, Praha, Česká republika, 47-49.
- Čoček A. (2007) Hrtan a průdušnice. In: *Otorinolaryngologie a foniatrie v současné praxi*. 1st ed. (Hahn A. ed.), Grada, Praha, Česká republika, 219-250.
- ČSN P ISO/TC 9921 (2003) Ergonomie - Hodnocení řečové komunikace. 1st ed, Český normalizační institut, Praha, Česká republika, 28 stran.
- Demirci S., Tuzuner A., Callioglu E.E., Akkoca O., Aktar G., Arslan N. (2015) Rigid or flexible laryngoscope: the preference of children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* **79**, 1330-1332.
- Eller R., Ginsburg M., Lurie D., Heman-Ackah Y., Lyons K., Sataloff R. (2008) Flexible laryngoscopy: a comparison of fiber optic and distal chip technologies - Part 1: vocal fold masses. *Journal of Voice* **22**, 746-750.
- Everest F.A., Pohlmann K.C. (2009) *The master handbook of acoustics*. 5th ed., McGraw-Hill, New York, U.S.A., 615 stran.
- Fant G. (1970) Source-filter description of speech production. In: *Acoustic Theory of Speech Production*. 2nd ed., The Hague, Paris, France, 15-20.
- Fletcher H.N., Rossing D.T (2013) *The physics of musical instruments*. 2nd ed., Springer, Berlín, Německo, 161-162.
- Frič M., Kučera M., Vydrová J., Švec J. (2011) Fyziologie a funkce hrtanu. In: *Foniatrie – hlas*. 1st ed. (Chrobok V. ed.), Tobiáš, Havlíčkův Brod, Česká republika, 42-54.
- Gelfand A.S. (2016) Physical concepts. In: *Hearing: an introduction to psychological and physiological acoustics*. 5th ed., Informa, New York, U.S.A., 1-19.
- Goetz P., Benniger S. M. (2016) Image storage and retrieval: the present and the future. In: *Sataloff's Comprehensive Textbook of Otolaryngology – Head & Neck Surgery – Laryngology*. 4th ed. (Satakiff T.R., Benninger S.M eds.), Jaypee Brothers Medical Publishers, Londýn, Velká Británie, 287-308.
- Goldstein G.U (1980) *An articulatory model for the vocal tracts of growing children*. Disertační práce, Massachusetts Institute of Technology, U.S.A..
- Guzman M., Laukkanen A.M., Krupa P., Horáček J., Švec J.G., Geneid A. (2013) Vocal tract and glottal function during and after vocal exercising with resonance tube and straw. *Journal of Voice* **27**, 19-34.
- Hall G.J., Allanson E.J., Gripp W.K., Slavotinek E.A. (2006) *Handbook of physical measurements*. 2nd ed. Oxford, New York, U.S.A., 520 stran.
- Handelman C.S, Osborne G. (1976) Growth of the nasopharynx and adenoid development from one to eighteen years. *Angle Orthodontis* **46**, 243-259.

- Heaton T.J., Kobler B.J., Ottensmeyer P.M., Petrillo H.R., Tynan A.M., Mehta D.D., Hillman E.R., Zeitels M.S. (2020) Aerodynamically driven phonation of individual vocal folds under general anesthesia in canines. *The Laryngoscope* **130**, 1980-1988.
- Herbst C. T., Švec J.G. (2016) Basics of Voice Acoustics – A Tutorial. In: *Sataloff's Comprehensive Textbook of Otolaryngology – Head & Neck Surgery – Laryngology*. 4th ed. (Sataloff T.R., Benninger S.M eds.), Jaypee Brothers Medical Publishers, Londýn, Velká Británie, 63-80.
- Hirano M., Bless D.M. (1993) *Videostroboscopic examination of the larynx*. 1st ed., Singular Publishing Group, San Diego, U.S.A. 249 stran.
- Holm S. (1979) A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics* **6**, 65-70.
- Kastner J., Záborský M., Astl J., Zvěřina E., Lukeš P., Betka J. (2009) Videokymografie a digitální kymografie, kymografické nálezy u pacientů po thyreoidektomii. *Endoskopie* **18**, 64-66.
- Kejklíčková I. (2011) Hlas a jeho poruchy. In: *Logopedie a ošetrovatelství v praxi*. 1st. ed., Grada, Praha, Česká republika, 91-96.
- Merkunová A., Orel M. (2008) Dýchací soustava. In: *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. 1st ed., Grada, Praha, Česká republika, 115-124.
- Mojžišová M. (2008) Růst a vývoj dítěte. In: *Základní ošetrovatelská péče v pediatrii*. 1st ed., Grada, Praha, Česká republika, 21-31.
- Oertel M.J (1878) Üben eine neue „laryngostroboskopische“ untersuchungsmethode des kehlkopfes. *Centralblatt Medizinischen Wiss* **16**, 81-82.
- Pálková Z. (1997) Vlastnosti hlasu. In: *Fonetika a fonologie češtiny*, Karolinum, Praha, Česká republika, 57-59.
- Rigutti A. (2006) Dýchací soustava. In: *Ilustrovaný atlas anatomie*. 1st.ed., Sun, Praha, Česká republika, 160-173.
- Sataloff R.T. (1992) The human voice. *Scientific American* **267**, 108-115.
- Schindler J.S (2011) Diagnostic clinical pharyngoscopy and laryngoscopy. In: *Atlas of head and neck surgery*. 1st ed. (Cohen I.J., Clayman L.J. eds.), Saunders, Filadelfie, U.S.A., 7-10.
- Shao J., Stern J., Wang M.Z., Hanson D., Jiang J. (2002) Clinical evaluation of 70° and 90° laryngeal telescopes. *Archives of Otolaryngology – head & neck surgery* **128**, 941-944.
- Silbernagl S., Despopoulos A. (2016). Centrální nervový systém a smysly. In: *Atlas fyziologie člověka*. 4th ed., Grada, Praha, Česká republika, 385-393.
- Sittel C. (2010) Office examination. In: *Otorhinolaryngology head & neck surgery*. 1st ed. (Arnold W., Gabter U., Anniko M., Bernal-Sprekelsen M., Bonkowsky V., Bradley J.P., Iurato S. eds.), Springer, Berlín, Německo, 473-474.
- Slaviček A., Záborský M., Jašková A., Bahannan A. (2008) Příspěvek k využití videostroboskopie v otorinolaryngologii. *Otorinolaryngologie a Foniatrie* **57**, 138-142.
- Sprinzl M.G., Eckel E.H., Sittel Ch., Pototschnig C., Koebke J. (1999) Morphometric measurements of the cartilaginous larynx: an anatomic correlate of laryngeal surgery. *Head & Neck – Journal of The Sciences and Specialties of the Head and Neck* **21**, 743-750.
- Šejna I. (2007) Fyziologická akustika. In: *Otorinolaryngologie a foniatrie v současné praxi*. 1st ed. (Hahn A. ed.), Grada, Praha, Česká republika, 27-29.
- Špačková A. (2015) Tvoření hlasu. In. *Trénink techniky řeči – naučte se mluvit barevně*. 1st ed., Grada, Praha, Česká republika, 85-122.
- Šrámková H., Granqvist, S., Herbst, C. T., Švec, J. G. (2015) The softest sound levels of human voice in normal subjects. *Journal of the Acoustical Society of America*, **137**, 407-418.
- Švec, J. (1996) *Studium mechanicko-akustických vlastností lidského hlasu*. Dizertační práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Česká republika.
- Švec J.G., Dršata J., Holý R. (2011) Optická vyšetření. In: *Foniatrie – hlas*. 1st ed. (Chrobok V. ed.), Tobiáš, Havlíčkův Brod, Česká republika, 64-69.
- Švec J.G., Granqvist S. (2018) Tutorial and guidelines on measurement of sound pressure level in voice and speech. *Journal of speech language and hearing research* **61**, 1-21.
- Švec J.G., Šram F., Shutte H.K. (1999) Videokymografie: nová vysokofrekvenční metoda vyšetřování kmitů hlasivek. *Otorinolaryngologie a Foniatrie* **48**, 155-1562.
- Švec J., Švec P. (2008) Fyzikální veličiny popisující vliv fyzikálních polí na člověka. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava* **3**, 101-106. Tashev J.I

- (2009) Sound and sound propagation. In: *Sound capture and processing: practical approaches*. 1st ed. Wiley, New York, U.S.A., 55-66.
- Valášková D. (2018) *Variabilita vzdálenosti mikrofónu od úst připevněného k laryngoskopu při laryngoskopickém vyšetření*, Bakalářská práce, UPOL, Olomouc, Česká republika.
- Veldová Z. (2007) Hlas. In: *Otorinolaryngologie a foniatrie v současné praxi*. 1st ed. (Hahn A. ed.), Grada, Praha, Česká republika, 359-366.
- Vorperian K.H., Wang S., Chung K.M., Schimek E.M., Durtschi B.R., Kent D.R., Ziegert J.A., Gentry R.L. (2009) Anatomic development of the oral and pharyngeal portions of the vocal tract: an imaging study. *The Journal of the Acoustical Society of America* **125**, 1666-1678.
- Wendler J. (1992) Stroboscopy. *Journal of Voice* **6**, 149-154.
- White E.H., White H.D (2014) Sound intensity and hearing. In: *Physics and music – the science of musical sound*. 1st ed., Dover, New York, U.S.A., 97-112.
- Wolf M., Primov-Fever A., Amir O., Jedwab D. (2005) The feasibility of rigid stroboscopy in children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* **69**, 1077-1079.
- Woo P. (2010a) The clinical examination and the stroboscopy laboratory. In: *Stroboscopy*. 2nd ed., Plural Publishing, New Orleans, U.S.A., 115-128.
- Woo P. (2010b) Stroboscopy setup and recording. In: *Stroboscopy*. 2nd ed., Plural Publishing, New Orleans, U.S.A., 115-128.
- Xu W. (2019) *Atlas of Stroboscopy*. 1st ed., Springer, New York, U.S.A., 106 stran.

Internetové zdroje

- Stavba a funkce hlasového ústrojí, E-learningová podpora mezioborové integrace výuky tématu vědomí na UP Olomouc: <http://pfyziolmysl.upol.cz/?p=2661> (24.07.2019)
- Stimmbandpolypen, Polypen der Stimmbänder - eesom Gesundheitsportal. Gesundheit, Krankheiten, Prävention verständlich für den Laien erklärt - eesom Gesundheitsportal: <https://www.eesom.com/atemwege/hals/stimmbandpolypen/> (24.07.2019)
- Storz – The World of Endoscopy, Excerpt from catalog ent Laryngology 9th edition 2/2013: https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/3399286.pdf?rdeResponseMimetype=force-download/liveserver (12.09.2019)
- XION laryngoscopes – the complete product line : http://www.opivanordic.se/sites/opivanordic.se/files/attachments/130_310_xxx_en_101125_laryngos.pdf (12.09.2019)
- Rigid Laryngoscope Olympus America: <https://medical.olympusamerica.com/products/rigid-laryngoscope> (12.09.2019)
- Appendix - Table VII: Kolmogorov-Smirnov Test. Wayback Machine: <https://web.archive.org/web/20100806192535/http://www.eridlc.com/onlinetextbook/index.cfm?fuseaction=textbook.appendix&FileName=Table7> (02.02.2020)
- Fiji/Downloads – ImageJ: <https://imagej.net/Fiji/Downloads> (29.02.2020)
- Upper Critical Values of Spearman's Rank Correlation Coefficient R_s : <https://www.york.ac.uk/depts/maths/tables/spearman.pdf> (17.4.2020)

9. Přílohy

Příloha 1: Určení rozměrů prvního laryngoskopu s 90° úhlem pohledu používaného pro strobovideolaryngoskopii.

Měření z 5 fotografií.

Označení obrázku	Průměrný počet pixelů na 1 cm	l ₁ [cm]		d ₁ [cm]	
A ₁	130,4 ± 0,2	17,156	± 0,008	7,181	± 0,007
B ₁	128,41 ± 0,16	17,09	± 0,01	7,131	± 0,007
C ₁	106,19 ± 0,06	17,371	± 0,009	7,267	± 0,007
D ₁	144,79 ± 0,09	17,357	± 0,012	7,411	± 0,009
E ₁	119,05 ± 0,11	17,354	± 0,009	7,285	± 0,004
Průměr		17,27		7,26	
Sm.odch.		0,13		0,11	
Stř.ch.p.		0,06		0,05	

Příloha 2: Určení rozměrů druhého laryngoskopu s 70° úhlem pohledu používaného pro videokymografii. Měření z 8

fotografií.

Označení obrázku	Průměrný počet pixelů na 1 cm	l ₂ [cm]		d ₂ [cm]	
A ₂	90,19 ± 0,13	18,584	± 0,017	4,445	± 0,010
B ₂	90,05 ± 0,11	18,629	± 0,011	4,366	± 0,011
C ₂	89,12 ± 0,13	18,623	± 0,013	4,437	± 0,007
D ₂	95,48 ± 0,16	18,609	± 0,008	4,468	± 0,009
E ₂	88,86 ± 0,18	18,974	± 0,010	4,533	± 0,010
F ₂	72,53 ± 0,12	18,957	± 0,014	4,458	± 0,013
G ₂	97,24 ± 0,11	18,344	± 0,014	4,395	± 0,013
H ₂	95,20 ± 0,11	18,414	± 0,013	4,383	± 0,012
Průměr		18,64		4,44	
Sm.odch.		0,23		0,05	
Stř.ch.p.		0,08		0,02	

Příloha 3: Určení rozměrů třetího laryngoskopu s 90° úhlem pohledu používaného pro videokymografii. Měření ze 7

fotografií.

Označení obrázku	Průměrný počet pixelů na 1 cm	l ₃ [cm]		d ₃ [cm]	
A ₃	94,81 ± 0,05	18,96	± 0,02	4,380	± 0,019
B ₃	98,67 ± 0,06	19,039	± 0,015	4,48	± 0,02
C ₃	98,77 ± 0,08	19,227	± 0,016	4,493	± 0,012
D ₃	102,98 ± 0,08	19,295	± 0,017	4,113	± 0,016
E ₃	102,88 ± 0,08	19,29	± 0,02	3,97	± 0,04
F ₃	148,43 ± 0,16	18,935	± 0,014	4,32	± 0,03
G ₃	103,82 ± 0,05	18,91	± 0,03	4,42	± 0,03
Průměr		19,09		4,31	
Sm.odch.		0,17		0,20	
Stř.ch.p.		0,06		0,08	

Příloha 4: Odvozené hodnoty hloubky vsunutí prvního laryngoskopu s 90° úhlem pohledu pro ženy rozdělené do dvou skupin (F1-F20 a F21-F40, podle doplňkového VKG vyšetření pomocí laryngoskopu č.2 nebo 3). **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průřezu středu tubusu se rty.

Označení ženy	Věk	Výška [cm]	Hloubka a ₁ [cm]	Hloubka b ₁ [cm]	Rozdíl Δab ₁ [cm]	Označení ženy	Věk	Výška [cm]	Hloubka a ₂ [cm]	Hloubka b ₂ [cm]	Rozdíl Δab ₂ [cm]
F1	20	165	7,98	6,32	1,66	F21	27	169	9,01	8,01	1,00
F2	28	168	9,00	7,14	1,86	F22	39	157	9,47	7,45	2,02
F3	62	176	8,46	6,26	2,21	F23	76	155	7,63	6,19	1,44
F4	25	160	8,60	5,79	2,81	F24	41	174	9,25	8,51	0,74
F5	62	164	8,92	6,99	1,93	F25	60	157	8,96	7,98	0,98
F6	89	159	8,12	5,51	2,61	F26	55	166	9,06	6,78	2,28
F7	57	160	8,58	7,47	1,11	F27	62	163	8,15	5,38	2,77
F8	38	164	9,15	7,46	1,69	F28	63	158	7,65	6,01	1,64
F9	22	172	9,73	8,50	1,23	F29	79	167	9,70	8,55	1,15
F10	46	164	9,32	8,11	1,22	F30	43	177	9,23	6,97	2,26
F11	24	175	8,37	7,49	0,88	F31	55	170	8,98	7,19	1,79
F12	38	176	9,54	8,92	0,62	F32	31	160	9,39	8,09	1,30
F13	77	155	7,79	6,02	1,76	F33	22	157	8,80	7,68	1,12
F14	18	165	8,04	7,08	0,96	F34	28	167	7,99	6,42	1,57
F15	40	169	8,29	6,55	1,74	F35	33	175	8,65	7,43	1,22
F16	26	163	7,60	5,64	1,96	F36	67	169	8,19	6,11	2,07
F17	43	155	8,42	7,01	1,41	F37	83	156	9,17	7,50	1,68
F18	19	161	9,08	8,01	1,08	F38	44	170	8,07	6,45	1,62
F19	45	169	9,08	7,56	1,52	F39	44	169	8,97	8,13	0,84
F20	65	151	8,61	7,63	0,99	F40	41	164	9,31	7,39	1,91
Průměr	42,20	164,55	8,63	7,07	1,56	Průměr	49,65	165,00	8,78	7,21	1,57
Sm.odch.	20,65	7,01	0,58	0,95	0,58	Sm.odch.	18,07	6,82	0,62	0,90	0,54
Průměr obou skupin žen							45,93	164,78	8,71	7,14	1,57
Směrodatná odchylka obou skupin žen							19,52	6,83	0,60	0,91	0,55

Příloha 5: Odvozené hodnoty hloubky vsunutí prvního laryngoskopu s 90° úhlem pohledu pro muže rozdělené do dvou skupin (M1 – M20 a M21-M40, podle doplňkového VKG vyšetření pomocí laryngoskopu č.2 nebo 3). **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průřezu středu tubusu se rty.

Označení muže	Věk	Výška [cm]	Hloubka a ₃ [cm]	Hloubka b ₃ [cm]	Rozdíl Δab ₃ [cm]	Označení muže	Věk	Výška [cm]	Hloubka a ₄ [cm]	Hloubka b ₄ [cm]	Rozdíl Δab ₄ [cm]
M1	71	185	8,61	5,66	2,95	M21	51	174	9,87	7,13	2,73
M2	85	175	8,88	7,44	1,44	M22	57	189	8,81	7,70	1,12
M3	33	198	9,65	8,33	1,31	M23	52	190	10,38	9,35	1,03
M4	59	175	9,78	8,14	1,65	M24	26	190	8,32	6,65	1,67
M5	56	171	8,66	5,94	2,73	M25	55	180	9,84	8,67	1,17
M6	73	176	9,81	8,10	1,71	M26	46	185	9,02	6,59	2,43
M7	46	183	8,98	7,96	1,02	M27	91	168	8,25	7,66	0,59
M8	31	173	9,82	8,65	1,17	M28	33	184	10,54	9,19	1,34
M9	59	157	10,00	8,55	1,45	M29	32	180	9,32	8,17	1,16
M10	30	187	9,29	7,42	1,87	M30	39	185	9,22	7,40	1,82
M11	78	165	8,76	7,67	1,08	M31	42	180	9,36	7,49	1,87
M12	25	175	9,60	6,92	2,67	M32	63	178	9,44	7,42	2,02
M13	66	170	8,56	7,58	0,98	M33	19	169	10,52	8,69	1,83
M14	65	168	10,46	9,85	0,62	M34	27	182	10,01	8,57	1,44
M15	31	175	9,82	8,64	1,18	M35	62	180	9,41	7,96	1,45
M16	52	178	8,76	7,06	1,70	M36	32	176	9,81	7,76	2,06
M17	56	170	9,06	7,92	1,15	M37	72	175	8,50	6,03	2,47
M18	63	178	9,37	7,68	1,69	M38	33	183	9,18	7,37	1,81
M19	55	170	10,58	8,60	1,98	M39	64	187	10,05	7,44	2,61
M20	27	168	10,51	8,92	1,59	M40	49	198	8,93	5,89	3,04
Průměr	53,05	174,85	9,45	7,85	1,83	Průměr	47,25	181,65	9,44	7,66	1,53
Sm.odch.	18,19	8,80	0,65	0,98	0,73	Sm.odch.	17,91	7,34	0,69	0,94	0,79
Průměr obou skupin mužů							50,15	178,25	9,44	7,75	1,69
Směrodatná odchylka obou skupin mužů							18,06	8,71	0,66	0,96	0,63

Příloha 6: Odvozené hodnoty hloubky vsunutí druhého laryngoskopu s 70° úhlem pohledu pro muže a ženy z první skupiny. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Ozn. ženy	Věk	Výška [cm]	Hloubka a ₆ [cm]	Hloubka b ₆ [cm]	Rozdíl Δab ₆ [cm]	Ozn. muže	Věk	Výška [cm]	Hloubka a ₇ [cm]	Hloubka b ₇ [cm]	Rozdíl Δab ₇ [cm]
F1	20	165	8,31	6,42	1,89	M1	71	185	8,27	5,80	2,47
F2	28	168	9,96	7,73	2,23	M2	85	175	9,18	7,13	2,06
F3	62	176	8,76	6,72	2,04	M3	33	198	8,71	6,84	1,87
F4	25	160	8,63	6,65	1,99	M4	59	175	10,52	9,22	1,30
F5	62	164	9,57	6,90	2,67	M5	56	171	8,81	5,99	2,82
F6	89	159	8,70	5,45	3,25	M6	73	176	10,25	8,33	1,93
F7	57	160	10,12	7,30	2,82	M7	46	183	10,58	9,58	1,00
F8	38	164	8,93	8,14	0,79	M8	31	173	9,42	8,16	1,26
F9	22	172	11,00	9,64	1,37	M9	59	157	8,87	7,90	0,97
F10	46	164	8,69	6,89	1,79	M10	30	187	10,10	7,19	2,91
F11	24	175	8,55	7,01	1,55	M11	78	165	9,08	8,03	1,05
F12	38	176	9,33	8,53	0,80	M12	25	175	11,19	7,85	3,35
F13	77	155	8,10	5,80	2,30	M13	66	170	9,17	8,00	1,16
F14	18	165	7,46	6,56	0,91	M14	65	168	10,52	9,57	0,96
F15	40	169	8,61	7,27	1,34	M15	31	175	11,04	10,34	0,70
F16	26	163	7,32	5,80	1,52	M16	52	178	9,35	7,62	1,73
F17	43	155	8,66	7,41	1,25	M17	56	170	8,35	7,43	0,92
F18	19	161	9,95	8,73	1,23	M18	63	178	9,72	8,53	1,19
F19	45	169	9,04	7,70	1,34	M19	55	170	11,09	9,19	1,90
F20	65	151	8,55	7,68	0,86	M20	27	168	9,83	8,36	1,47
Průměr	42,2	164,6	8,91	7,22	1,70	Průměr	53,1	174,9	9,70	8,05	1,92
Sm.odch.	20,7	7,0	0,89	1,04	0,70	Sm.odch.	18,2	8,8	0,92	1,17	0,63

Příloha 7: Odvozené hodnoty hloubky vsunutí třetího laryngoskopu s 90° úhlem pohledu pro muže a ženy z druhé skupiny. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Ozn. Ženy	Věk	Výška [cm]	Hloubka a ₈ [cm]	Hloubka b ₈ [cm]	Rozdíl Δab ₈ [cm]	Ozn. Muže	Věk	Výška [cm]	Hloubka a ₉ [cm]	Hloubka b ₉ [cm]	Rozdíl Δab ₉ [cm]
F21	27	169	9,55	7,58	1,97	M21	51	174	9,00	6,38	2,62
F22	39	157	9,09	6,78	2,31	M22	57	189	8,57	6,96	1,61
F23	76	155	7,59	5,63	1,96	M23	52	190	10,65	9,22	1,43
F24	41	174	9,52	6,92	2,60	M24	26	190	8,53	6,49	2,03
F25	60	157	8,85	7,13	1,73	M25	55	180	9,80	8,63	1,18
F26	55	166	8,25	6,45	1,80	M26	46	185	9,96	7,49	2,47
F27	62	163	8,05	5,00	3,05	M27	91	168	8,76	8,14	0,62
F28	63	158	7,96	6,04	1,92	M28	33	184	10,22	8,64	1,58
F29	79	167	9,50	7,70	1,80	M29	32	180	9,69	8,31	1,38
F30	43	177	9,26	6,36	2,90	M30	39	185	9,51	7,36	2,14
F31	55	170	8,93	6,69	2,24	M31	42	180	9,56	7,40	2,16
F32	31	160	9,32	7,22	2,11	M32	63	178	9,50	7,30	2,20
F33	22	157	9,04	6,96	2,08	M33	19	169	10,31	8,40	1,90
F34	28	167	8,48	6,25	2,23	M34	27	182	9,79	7,68	2,12
F35	33	175	9,69	7,09	2,59	M35	62	180	9,47	6,69	2,78
F36	67	169	7,89	5,41	2,48	M36	32	176	10,01	7,56	2,45
F37	83	156	9,42	6,17	3,25	M37	72	175	8,67	6,20	2,47
F38	44	170	7,76	5,92	1,84	M38	33	183	8,76	7,02	1,73
F39	44	169	8,94	7,05	1,89	M39	64	187	9,96	7,65	2,31
F40	41	164	9,61	7,28	2,33	M40	49	198	8,69	6,51	2,18
Prům.	49,65	165,0	8,83	6,58	2,25	Prům.	47,25	181,65	9,47	7,50	1,71
Sm.od.	18,07	6,82	0,69	0,73	0,44	Sm.od.	17,91	7,34	0,64	0,85	0,72

Příloha 8: Vnější délky tubusu prvního laryngoskopu s 90° úhlem pohledu pro ženy rozdělené do dvou skupin (F1-F20 a F21-F40, podle doplňkového VKG vyšetření pomocí laryngoskopu č.2 nebo 3). *Vzdálenost a* je od hranice horního rtu a *vzdálenost b* je od průsečíku středu tubusu se rty.

Označení ženy	Věk	Výška [cm]	Vzdálen. a ₁ [cm]	Vzdálen. b ₁ [cm]	Označení ženy	Věk	Výška [cm]	Vzdálen. a ₂ [cm]	Vzdálen.b ₂ [cm]
F1	20	165	9,29	10,95	F21	27	169	8,26	9,26
F2	28	168	8,27	10,13	F22	39	157	7,80	9,82
F3	62	176	8,81	11,01	F23	76	155	9,64	11,08
F4	25	160	8,67	11,48	F24	41	174	8,02	8,76
F5	62	164	8,35	10,28	F25	60	157	8,31	9,29
F6	89	159	9,15	11,76	F26	55	166	8,21	10,49
F7	57	160	8,69	9,80	F27	62	163	9,12	11,89
F8	38	164	8,12	9,81	F28	63	158	9,62	11,26
F9	22	172	7,54	8,77	F29	79	167	7,57	8,72
F10	46	164	7,95	9,16	F30	43	177	8,04	10,30
F11	24	175	8,90	9,78	F31	55	170	8,29	10,08
F12	38	176	7,73	8,35	F32	31	160	7,88	9,18
F13	77	155	9,48	11,25	F33	22	157	8,47	9,59
F14	18	165	9,23	10,19	F34	28	167	9,28	10,85
F15	40	169	8,98	10,72	F35	33	175	8,62	9,84
F16	26	163	9,67	11,63	F36	67	169	9,08	11,16
F17	43	155	8,85	10,26	F37	83	156	8,10	9,77
F18	19	161	8,19	9,26	F38	44	170	9,20	10,82
F19	45	169	8,19	9,71	F39	44	169	8,30	9,14
F20	65	151	8,66	9,64	F40	41	164	7,96	9,88
Průměr	42,20	164,55	8,64	10,20	Průměr	49,65	165,00	8,49	10,06
Sm.odch.	20,65	7,01	0,58	0,95	Sm.odch.	18,07	6,82	0,62	0,90
Průměr obou skupin žen						45,93	164,78	8,56	10,13
Směrodatná odchylka obou skupin žen						19,52	6,83	0,60	0,91

Příloha 9: Vnější délky tubusu prvního laryngoskopu s 90° úhlem pohledu pro muže rozdělené do dvou skupin (M1 – M20 a M21-M40, podle doplňkového VKG vyšetření pomocí laryngoskopu č.2 nebo 3). *Vzdálenost a* je od hranice horního rtu a *vzdálenost b* je od průsečíku středu tubusu se rty.

Označení muže	Věk	Výška [cm]	Vzdálen. a ₃ [cm]	Vzdálen. b ₃ [cm]	Označení muže	Věk	Výška [cm]	Vzdálen. a ₄ [cm]	Vzdál. en. b ₄ [cm]
M1	71	185	8,66	11,61	M21	51	174	7,40	10,14
M2	85	175	8,39	9,83	M22	57	189	8,46	9,57
M3	33	198	7,62	8,94	M23	52	190	6,89	7,92
M4	59	175	7,49	9,13	M24	26	190	8,95	10,62
M5	56	171	8,61	11,33	M25	55	180	7,43	8,60
M6	73	176	7,46	9,17	M26	46	185	8,25	10,68
M7	46	183	8,29	9,31	M27	91	168	9,02	9,61
M8	31	173	7,45	8,62	M28	33	184	6,73	8,08
M9	59	157	7,27	8,72	M29	32	180	7,95	9,10
M10	30	187	7,98	9,85	M30	39	185	8,05	9,87
M11	78	165	8,51	9,60	M31	42	180	7,91	9,78
M12	25	175	7,67	10,35	M32	63	178	7,83	9,85
M13	66	170	8,71	9,69	M33	19	169	6,75	8,58
M14	65	168	6,81	7,42	M34	27	182	7,26	8,70
M15	31	175	7,45	8,63	M35	62	180	7,86	9,31
M16	52	178	8,51	10,21	M36	32	176	7,46	9,51
M17	56	170	8,21	9,35	M37	72	175	8,77	11,24
M18	63	178	7,90	9,59	M38	33	183	8,09	9,90
M19	55	170	6,69	8,67	M39	64	187	7,22	9,83
M20	27	168	6,76	8,35	M40	49	198	8,34	11,38
Průměr	53,05	174,85	7,82	9,42	Průměr	47,25	181,65	7,83	9,61
Sm.odch.	18,19	8,80	0,65	0,98	Sm.odch.	17,91	7,34	0,69	0,94
Průměr obou skupin mužů						50,15	178,3	7,83	9,52
Směrodatná odchylka obou skupin mužů						18,06	8,71	0,66	0,96

Příloha 10: Vnější délky tubusu druhého laryngoskopu s 70° úhlem pohledu pro muže a ženy z první skupiny. *Vzdálenost a* je od hranice horního rtu a *vzdálenost b* je od průsečíku středu tubusu se rty.

Ozn. ženy	Věk	Výška [cm]	Vzdálen. a ₆ [cm]	Vzdálen. b ₆ [cm]	Ozn. muže	Věk	Výšk a [cm]	Vzdálen. a ₇ [cm]	Vzdálen. b ₇ [cm]
F1	20	165	10,33	12,22	M1	71	185	10,37	12,84
F2	28	168	8,68	10,91	M2	85	175	9,46	11,51
F3	62	176	9,88	11,92	M3	33	198	9,93	11,80
F4	25	160	10,01	11,99	M4	59	175	8,12	9,42
F5	62	164	9,07	11,74	M5	56	171	9,83	12,65
F6	89	159	9,94	13,19	M6	73	176	8,39	10,31
F7	57	160	8,52	11,34	M7	46	183	8,06	9,06
F8	38	164	9,71	10,50	M8	31	173	9,22	10,48
F9	22	172	7,64	9,00	M9	59	157	9,77	10,74
F10	46	164	9,95	11,75	M10	30	187	8,54	11,45
F11	24	175	10,09	11,63	M11	78	165	9,56	10,61
F12	38	176	9,31	10,11	M12	25	175	7,45	10,79
F13	77	155	10,54	12,84	M13	66	170	9,47	10,64
F14	18	165	11,18	12,08	M14	65	168	8,12	9,07
F15	40	169	10,03	11,37	M15	31	175	7,60	8,30
F16	26	163	11,32	12,84	M16	52	178	9,29	11,02
F17	43	155	9,98	11,23	M17	56	170	10,29	11,21
F18	19	161	8,69	9,91	M18	63	178	8,92	10,11
F19	45	169	9,60	10,94	M19	55	170	7,55	9,45
F20	65	151	10,09	10,96	M20	27	168	8,81	10,28
Průměr	42,2	164,6	9,73	11,42	Průměr	53,1	174,9	8,93	10,59
Sm.odch.	20,7	7,0	0,89	1,04	Sm.odch.	18,2	8,8	0,92	1,17

Příloha 11: Vnější délky tubusu třetího laryngoskopu s 90° úhlem pohledu pro muže a ženy z druhé skupiny. *Vzdálenost a* je od hranice horního rtu a *vzdálenost b* je od průsečíku středu tubusu se rty.

Ozn. Ženy	Věk	Výška [cm]	Vzdálen. a ₈ [cm]	Vzdálen. b ₈ [cm]	Ozn. Muže	Věk	Výška [cm]	Vzdálen. a ₉ [cm]	Vzdálen. b ₉ [cm]
F21	27	169	9,54	11,51	M21	51	174	10,09	12,71
F22	39	157	10,00	12,31	M22	57	189	10,52	12,13
F23	76	155	11,50	13,46	M23	52	190	8,44	9,87
F24	41	174	9,57	12,17	M24	26	190	10,56	12,60
F25	60	157	10,24	11,96	M25	55	180	9,29	10,46
F26	55	166	10,84	12,64	M26	46	185	9,13	11,60
F27	62	163	11,04	14,09	M27	91	168	10,33	10,95
F28	63	158	11,13	13,05	M28	33	184	8,87	10,45
F29	79	167	9,59	11,39	M29	32	180	9,40	10,78
F30	43	177	9,83	12,73	M30	39	185	9,58	11,73
F31	55	170	10,16	12,40	M31	42	180	9,53	11,69
F32	31	160	9,77	11,87	M32	63	178	9,59	11,79
F33	22	157	10,05	12,13	M33	19	169	8,78	10,69
F34	28	167	10,61	12,84	M34	27	182	9,30	11,41
F35	33	175	9,40	12,00	M35	62	180	9,62	12,40
F36	67	169	11,20	13,68	M36	32	176	9,08	11,53
F37	83	156	9,67	12,92	M37	72	175	10,42	12,89
F38	44	170	11,33	13,17	M38	33	183	10,33	12,07
F39	44	169	10,15	12,04	M39	64	187	9,13	11,44
F40	41	164	9,48	11,81	M40	49	198	10,40	12,58
Prům.	49,65	165,0	10,26	12,51	Prům.	47,25	181,65	9,62	11,59
Sm.od.	18,07	6,82	0,69	0,73	Sm.od.	17,91	7,34	0,64	0,85

Příloha 12: Intraindividuální variabilita hloubky vložení laryngoskopu č.1 do úst během vyšetření jednotlivých žen a z toho odvozená možná variabilita hladiny akustického tlaku pro průměrnou vzdálenost mikrofonu 8,2 cm od úst. ΔR je rozdíl největší a nejmenší naměřené hodnoty vnější délky tubusu během vyšetření daného pacienta, $\Delta L+$ a $\Delta L-$ je označení pro použití daného znaménka + a - ve vzorci 2. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průřezu středu tubusu se rty.

Ozn. ženy	Hloubka a			Hloubka b			Ozn. ženy	Hloubka a			Hloubka b		
	Δ_1 [cm]	ΔL_{1+} [dB]	ΔL_{1-} [dB]	Δ_2 [cm]	ΔL_{2+} [dB]	ΔL_{2-} [dB]		Δ_3 [cm]	ΔL_{3+} [dB]	ΔL_{3-} [dB]	Δ_4 [cm]	ΔL_{4+} [dB]	ΔL_{4-} [dB]
F1	0,24	0,22	-0,23	0,43	0,33	-0,35	F21	0,37	0,38	-0,40	0,34	0,36	-0,37
F2	0,43	0,44	-0,46	0,28	0,24	-0,24	F22	0,18	0,20	-0,20	0,39	0,44	-0,47
F3	0,38	0,37	-0,38	0,61	0,47	-0,50	F23	0,37	0,33	-0,34	0,20	0,28	-0,29
F4	0,54	0,52	-0,56	0,81	0,59	-0,64	F24	0,37	0,40	-0,42	0,37	0,37	-0,39
F5	0,20	0,21	-0,21	0,37	0,31	-0,32	F25	0,26	0,26	-0,27	0,41	0,43	-0,46
F6	0,37	0,34	-0,36	0,32	0,23	-0,24	F26	0,16	0,17	-0,18	0,19	0,24	-0,25
F7	0,40	0,39	-0,41	0,66	0,57	-0,61	F27	0,32	0,30	-0,31	0,36	0,56	-0,59
F8	0,34	0,36	-0,37	0,31	0,27	-0,28	F28	0,28	0,25	-0,25	0,38	0,54	-0,57
F9	0,15	0,17	-0,17	0,45	0,43	-0,46	F29	0,38	0,42	-0,45	0,46	0,45	-0,48
F10	0,12	0,13	-0,13	0,70	0,64	-0,69	F30	0,30	0,31	-0,32	0,48	0,58	-0,62
F11	0,08	0,08	-0,08	0,18	0,16	-0,16	F31	0,60	0,61	-0,66	0,53	0,61	-0,66
F12	0,12	0,13	-0,14	0,25	0,26	-0,26	F32	0,26	0,28	-0,29	0,42	0,44	-0,47
F13	0,24	0,22	-0,22	0,67	0,50	-0,53	F33	0,15	0,16	-0,16	0,26	0,29	-0,29
F14	0,33	0,31	-0,32	0,37	0,31	-0,32	F34	0,07	0,07	-0,07	0,17	0,23	-0,24
F15	0,70	0,65	-0,70	0,50	0,40	-0,41	F35	0,38	0,38	-0,39	0,27	0,31	-0,32
F16	0,84	0,72	-0,79	1,05	0,75	-0,82	F36	0,15	0,14	-0,15	0,10	0,14	-0,15
F17	0,32	0,31	-0,32	1,31	1,04	-1,19	F37	0,18	0,19	-0,19	0,13	0,15	-0,15
F18	0,23	0,24	-0,25	0,28	0,26	-0,27	F38	0,34	0,32	-0,33	0,50	0,65	-0,70
F19	0,17	0,18	-0,18	0,10	0,09	-0,09	F39	0,43	0,44	-0,47	0,59	0,61	-0,65
F20	0,28	0,28	-0,29	0,15	0,13	-0,14	F40	0,21	0,23	-0,24	0,15	0,17	-0,17
Průměr	0,32	0,31	-0,33	0,49	0,4	-0,42	Průměr	0,29	0,29	-0,30	0,33	0,29	-0,30
Sm.od.	0,19	0,17	0,19	0,31	0,2	0,27	Sm.od.	0,12	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14
Průměr obou skupin žen								0,31	0,30	-0,32	0,41	0,34	-0,36
Směrodatná odchylka obou skupin žen								0,16	0,16	0,16	0,25	0,20	0,22

Příloha 13: Intraindividuální variabilita hloubky vložení laryngoskopu č.1 do úst během vyšetření jednotlivých mužů a z toho odvozená možná variabilita hladiny akustického tlaku pro průměrnou vzdálenost mikrofonu 7,8 cm od úst. ΔR je rozdíl největší a nejmenší naměřené hodnoty vnější délky tubusu během vyšetření daného pacienta, $\Delta L+$ a $\Delta L-$ je označení pro použití daného znaménka + a - ve vzorci 2. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průsečíku středu tubusu se rty.

Ozn. muže	Hloubka a			Hloubka b			Ozn. muže	Hloubka a			Hloubka b		
	Δ_5 [cm]	ΔL_{5+} [dB]	ΔL_{5-} [dB]	Δ_6 [cm]	ΔL_{6+} [dB]	ΔL_{6-} [dB]		Δ_7 [cm]	ΔL_{7+} [dB]	ΔL_{7-} [dB]	Δ_8 [cm]	ΔL_{8+} [dB]	ΔL_{8-} [dB]
M1	0,90	+0,86	-0,95	1,05	+0,75	-0,82	M21	0,27	+0,32	-0,33	0,73	+0,61	-0,65
M2	0,36	+0,36	-0,38	0,59	+0,51	-0,54	M22	0,19	+0,19	-0,19	0,38	+0,34	-0,35
M3	0,43	+0,48	-0,50	0,15	+0,14	-0,15	M23	0,23	+0,28	-0,29	0,37	+0,39	-0,41
M4	0,34	+0,39	-0,40	0,08	+0,08	-0,08	M24	0,23	+0,22	-0,23	0,19	+0,15	-0,16
M5	0,15	+0,15	-0,15	0,39	+0,29	-0,30	M25	0,31	+0,36	-0,37	0,47	+0,47	-0,49
M6	0,15	+0,17	-0,18	0,43	+0,40	-0,42	M26	0,27	+0,28	-0,29	0,24	+0,19	-0,19
M7	0,58	+0,59	-0,63	1,41	+1,22	-1,43	M27	0,25	+0,23	-0,24	0,48	+0,42	-0,45
M8	0,26	+0,30	-0,31	0,28	+0,28	-0,29	M28	0,09	+0,12	-0,12	0,33	+0,35	-0,36
M9	0,23	+0,27	-0,28	0,26	+0,26	-0,26	M29	0,28	+0,30	-0,31	0,22	+0,21	-0,22
M10	0,73	+0,76	-0,83	1,43	+1,18	-1,36	M30	0,92	+0,94	-1,06	1,07	+0,89	-1,00
M11	0,21	+0,21	-0,22	0,21	+0,19	-0,19	M31	0,17	+0,18	-0,18	0,21	+0,18	-0,19
M12	0,21	+0,23	-0,24	0,26	+0,22	-0,22	M32	0,42	+0,45	-0,48	0,52	+0,44	-0,47
M13	0,53	+0,51	-0,55	0,29	+0,26	-0,26	M33	0,19	+0,25	-0,25	0,56	+0,55	-0,59
M14	0,12	+0,15	-0,15	0,24	+0,28	-0,29	M34	0,24	+0,28	-0,29	0,31	+0,30	-0,31
M15	0,51	+0,57	-0,62	0,36	+0,35	-0,37	M35	0,16	+0,17	-0,18	0,10	+0,10	-0,10
M16	0,16	+0,16	-0,16	0,51	+0,42	-0,45	M36	0,35	+0,40	-0,42	0,55	+0,48	-0,51
M17	0,18	+0,19	-0,19	0,37	+0,34	-0,35	M37	0,17	+0,17	-0,17	0,27	+0,21	-0,21
M18	0,19	+0,21	-0,21	0,53	+0,47	-0,49	M38	0,24	+0,26	-0,26	0,51	+0,43	-0,46
M19	0,22	+0,28	-0,29	0,69	+0,66	-0,72	M39	0,20	+0,24	-0,24	0,13	+0,11	-0,11
M20	0,17	+0,22	-0,22	0,35	+0,36	-0,37	M40	0,34	+0,35	-0,36	0,52	+0,39	-0,41
Průměr	0,33	+0,35	-0,37	0,49	+0,43	-0,47	Průměr	0,28	+0,30	-0,31	0,41	+0,36	-0,38
Sm.od.	0,22	0,21	0,23	0,38	0,31	0,36	Sm.od.	0,17	0,17	0,20	0,23	0,19	0,22
Průměr obou skupin mužů								0,30	+0,33	-0,34	0,45	+0,40	-0,42
Směrodatná odchylka obou skupin mužů								0,19	0,19	0,22	0,31	0,26	0,30

Příloha 14: Intraindividuální variabilita hladiny akustického tlaku ΔL pro druhý laryngoskop, při měření žen a mužů podle dvou různých definic (hranice horního rtu a průřezu středu tubusu se rty), kde ΔR je rozdíl největší a nejmenší hodnoty vnější délky tubusu, $\Delta L+$ a $\Delta L-$ je označení pro použití daného znaménka + a - ve vzorci 2. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průřezu středu tubusu se rty.

Ozn. muže	Hloubka a			Hloubka b			Ozn. muže	Hloubka a			Hloubka b		
	ΔR_9 [cm]	ΔL_{9+} [dB]	ΔL_{9-} [dB]	Δ_{10} [cm]	ΔL_{10+} [dB]	ΔL_{10-} [dB]		ΔR_{11} [cm]	ΔL_{11+} [dB]	ΔL_{11-} [dB]	Δ_{12} [cm]	ΔL_{12+} [dB]	ΔL_{12-} [dB]
F1	0,43	+0,35	-0,37	0,30	+0,21	-0,22	M1	0,83	+0,67	-0,73	1,22	+0,79	-0,87
F2	0,61	+0,59	-0,63	0,22	+0,17	-0,17	M2	0,18	+0,16	-0,16	0,51	+0,38	-0,39
F3	0,51	+0,43	-0,46	1,44	+0,99	-1,12	M3	0,31	+0,27	-0,28	0,38	+0,28	-0,29
F4	0,39	+0,33	-0,35	1,21	+0,83	-0,92	M4	0,35	+0,36	-0,38	0,25	+0,23	-0,24
F5	0,85	+0,78	-0,85	0,40	+0,29	-0,30	M5	0,43	+0,37	-0,39	0,61	+0,41	-0,43
F6	0,24	+0,21	-0,21	0,62	+0,40	-0,41	M6	0,16	+0,17	-0,17	0,62	+0,51	-0,54
F7	0,41	+0,41	-0,43	0,44	+0,33	-0,34	M7	0,53	+0,55	-0,59	0,92	+0,84	-0,93
F8	0,12	+0,11	-0,11	0,23	+0,19	-0,19	M8	1,09	+0,97	-1,09	1,25	+0,98	-1,10
F9	0,33	+0,36	-0,38	0,51	+0,48	-0,51	M9	0,42	+0,37	-0,39	0,29	+0,23	-0,23
F10	0,32	+0,28	-0,29	0,32	+0,24	-0,24	M10	0,88	+0,85	-0,94	0,78	+0,57	-0,61
F11	0,34	+0,29	-0,30	0,46	+0,34	-0,35	M11	0,91	+0,79	-0,87	0,74	+0,59	-0,63
F12	0,25	+0,23	-0,23	0,39	+0,33	-0,34	M12	0,44	+0,50	-0,53	0,67	+0,52	-0,55
F13	0,26	+0,21	-0,21	0,81	+0,53	-0,56	M13	0,30	+0,27	-0,28	0,19	+0,16	-0,16
F14	0,14	+0,11	-0,11	0,13	+0,09	-0,09	M14	0,35	+0,37	-0,39	0,63	+0,58	-0,62
F15	0,54	+0,46	-0,48	0,94	+0,69	-0,75	M15	0,25	+0,28	-0,29	0,61	+0,62	-0,66
F16	0,51	+0,38	-0,40	0,64	+0,42	-0,45	M16	0,19	+0,17	-0,18	0,43	+0,33	-0,34
F17	0,94	+0,78	-0,86	0,61	+0,46	-0,49	M17	0,65	+0,53	-0,57	0,84	+0,63	-0,68
F18	0,25	+0,24	-0,25	0,49	+0,42	-0,44	M18	1,07	+0,98	-1,11	1,57	+1,25	-1,47
F19	0,17	+0,16	-0,16	0,20	+0,16	-0,16	M19	0,65	+0,72	-0,78	0,79	+0,70	-0,76
F20	0,19	+0,16	-0,17	0,18	+0,14	-0,14	M20	0,11	+0,11	-0,11	0,21	+0,18	-0,18
Prům.	0,39	+0,34	-0,36	0,53	+0,39	-0,41	Prům.	0,50	+0,47	-0,51	0,68	+0,71	-0,80
Sm.od.	0,22	0,20	0,22	0,35	0,24	0,27	Sm.od.	0,31	0,28	0,31	0,36	0,39	0,49

Příloha 15: Variabilita hladiny akustického tlaku ΔL pro třetí laryngoskop, při měření žen a mužů podle dvou různých definic (hranice horního rtu a průřezu středu tubusu se rty), kde ΔR je rozdíl největší a nejmenší hodnoty vnější délky tubusu, $\Delta L+$ a $\Delta L-$ je označení pro použití daného znaménka + a – ve vzorci 2. **Hloubka a** je od hranice horního rtu a **hloubka b** je od průřezu středu tubusu se rty.

Ozn. muže	Hloubka a			Hloubka b			Ozn. muže	Hloubka a			Hloubka b		
	ΔR_{13} [cm]	ΔL_{13+} [dB]	ΔL_{13-} [dB]	ΔR_{14} [cm]	ΔL_{14+} [dB]	ΔL_{14-} [dB]		ΔR_{15} [cm]	ΔL_{15+} [dB]	ΔL_{15-} [dB]	ΔR_{16} [cm]	ΔL_{16+} [dB]	ΔL_{16-} [dB]
F9	0,43	+0,38	-0,40	0,22	+0,17	-0,17	M21	0,41	+0,35	-0,36	0,48	+0,32	-0,33
F23	0,35	+0,30	-0,31	0,44	+0,31	-0,32	M22	0,14	+0,12	-0,12	0,21	+0,15	-0,15
F24	0,33	+0,25	-0,26	0,50	+0,32	-0,33	M23	0,74	+0,73	-0,80	0,79	+0,67	-0,72
F25	0,36	+0,32	-0,33	1,14	+0,78	-0,86	M24	0,24	+0,19	-0,20	0,45	+0,31	-0,32
F26	0,23	+0,19	-0,19	0,30	+0,22	-0,22	M25	0,13	+0,12	-0,12	0,20	+0,16	-0,16
F27	0,66	+0,51	-0,55	0,44	+0,30	-0,31	M26	0,12	+0,11	-0,12	0,12	+0,09	-0,09
F28	0,37	+0,28	-0,29	0,49	+0,30	-0,31	M27	0,71	+0,58	-0,62	1,53	+1,14	-1,31
F29	0,28	+0,22	-0,22	0,49	+0,32	-0,33	M28	1,61	+1,45	-1,74	1,19	+0,94	-1,05
F30	0,39	+0,34	-0,36	0,26	+0,20	-0,20	M29	0,46	+0,42	-0,44	1,26	+0,96	-1,08
F31	0,30	+0,26	-0,27	0,24	+0,16	-0,17	M30	0,41	+0,36	-0,38	0,71	+0,51	-0,54
F32	0,13	+0,11	-0,11	0,64	+0,44	-0,46	M31	0,68	+0,60	-0,65	0,67	+0,49	-0,51
F33	0,19	+0,16	-0,17	0,35	+0,25	-0,26	M32	0,92	+0,80	-0,88	1,22	+0,86	-0,95
F34	0,23	+0,19	-0,20	0,40	+0,28	-0,29	M33	0,15	+0,15	-0,15	0,08	+0,07	-0,07
F35	0,09	+0,07	-0,08	0,20	+0,13	-0,14	M34	0,21	+0,20	-0,20	0,29	+0,22	-0,22
F36	0,46	+0,41	-0,43	0,37	+0,26	-0,27	M35	0,39	+0,34	-0,36	0,70	+0,47	-0,50
F37	0,34	+0,26	-0,26	0,31	+0,19	-0,20	M36	0,54	+0,50	-0,53	0,41	+0,30	-0,31
F38	0,19	+0,17	-0,17	1,09	+0,71	-0,77	M37	0,32	+0,26	-0,27	0,45	+0,30	-0,31
F39	0,94	+0,69	-0,75	0,97	+0,62	-0,67	M38	0,73	+0,59	-0,64	0,68	+0,48	-0,51
F40	0,19	+0,16	-0,17	0,50	+0,35	-0,37	M39	0,37	+0,35	-0,36	0,57	+0,42	-0,44
F41	0,17	+0,16	-0,16	0,15	+0,11	-0,11	M40	0,26	+0,22	-0,22	0,56	+0,38	-0,39
Prům.	0,33	+0,33	-0,28	0,48	0,62	-0,68	Prům.	0,48	+0,42	-0,46	0,63	+0,46	-0,50
Sm.od.	0,19	0,21	0,16	0,29	0,37	0,45	Sm.od.	0,36	0,32	0,38	0,40	0,31	0,35