

**UNIVERZITA KARLOVA**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství 2. LF UK

**Kryštof Průša**

**Rozdíl v mechanice dýchání při dýchání  
nosem nebo ústy**

*Bakalářská práce*

Praha 2024

Autor práce: **Kryštof Průša**

Vedoucí práce: **Mgr. Lenka Babková**

Oponent práce: **Mgr. Tereza Stehnová**

Datum obhajoby: **2024**

## Bibliografický záznam

PRŮŠA, Kryštof. Rozdíl v mechanice dýchání při dýchání nosem nebo ústy. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2024. 59 s., přílohy. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Lenka Babková.

## Abstrakt

**Pozadí:** Dýchání je jednou z vitálních funkcí organismu. Dýchací svaly zajišťují zvětšování a zmenšování objemu hrudníku, čímž dochází k výměně dýchacích plynů. Jakým způsobem se svaly zapojují lze označit jako dechový stereotyp. Ten je dán dispozicemi konkrétního jedince a má na něj vliv více faktorů. Cílem této práce je zjistit, zda způsob dýchání (nosem/ústami) má vliv na aktivitu dýchacích svalů.

**Metody:** Studie se zúčastnilo 10 zdravých probandů. Byl změřen pohyb bránice na M-mode ultrasonografii (UZ) a aktivita pomocných nádechových svalů pomocí EMG. Probandi dýchali nosem a ústy při klidovém dýchání, následně při dýchání hlubokém.

**Výsledky:** Pohyb bránice byl při klidovém dýchání odlišný při dýchání nosem a ústy ( $P < 0.0001$ ). U 8 probandů byl zaznamenán větší pohyb při dýchání ústy, u 1 při dýchání nosem. Průměrně byl pohyb větší o 20% při dýchání ústy. Při hlubokém dýchání byl pohyb bránice také odlišný při dýchání nosem a ústy ( $P < 0.02$ ). EMG aktivita svalů byla odlišná jen u několika svalů a probandů, statisticky významný rozdíl v jejich aktivitě prokázán nebyl.

**Shrnutí:** Způsob dýchání významně ovlivnil práci bránice, při klidovém dýchání byl zaznamenán její větší pohyb při dýchání ústy. Aktivita pomocných nádechových svalů přímo ovlivněná způsobem dýchání nebyla. Problematika vlivu dýchání nosem nebo ústy na dechový stereotyp potřebuje další zkoumání, zejména EMG vyšetření bránice.

## Klíčová slova

Dýchání, nos, ústa, bránice, nádechové svaly, ultrasonografie (UZ), elektromyografie (EMG)

## **Abstract**

**Background:** Breathing is one of the vital functions of an organism. Respiratory muscles ensure the enlargement and reduction of the volume of the thoracic cavity, thereby facilitating the exchange of respiratory gases. The way muscles engage can be termed as a breathing pattern. This pattern is determined by the specific characteristics of an individual and is influenced by multiple factors. The aim of this study is to determine whether the breathing route (through the nose/mouth) affects the activity of respiratory muscles.

**Methods:** The study involved 10 healthy subjects. The movement of the diaphragm was measured using M-mode ultrasonography (UZ), and the activity of accessory respiratory muscles was assessed using EMG. Subjects breathed through their nose and mouth during resting breathing, and subsequently during deep breathing.

**Results:** The movement of the diaphragm during resting breathing was different between breathing through the nose and mouth ( $P < 0.0001$ ). Greater movement was observed in 8 subjects while breathing through the mouth, and in 1 subject while breathing through the nose. On average, the movement was 20% greater during mouth breathing. During deep breathing, the movement of the diaphragm was also different between breathing through the nose and mouth ( $P < 0.02$ ). EMG activity of the muscles showed differences only in a few muscles and subjects, with no statistically significant difference observed in their activity.

**Conclusion:** The breathing route significantly influenced the work of the diaphragm, with greater movement observed during mouth breathing during calm breathing. The activity of accessory respiratory muscles directly influenced by the breathing method was not observed. The issue of the influence of breathing through the nose or mouth on the breathing pattern requires further investigation, especially through EMG examination of the diaphragm activity.

## **Keywords**

Breathing, nose, mouth, diaphragm, inspiratory muscles, ultrasonography (UZ), electromyography (EMG)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Lenky Babkové, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 29.4.2024

Kryštof Průša

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat Mgr. Lence Babkové za její ochotu, spolupráci a odborné vedení práce. Dále bych rád poděkoval Mgr. Martinu Šemberovi za provedení vyšetření bránice pomocí ultrasonografie, MUDr. Vojtěchu Rybkovi s MUDr. Kryštofem Slabým za vypůjčení EMG přístroje a pomoc se zpracováním a analýzou EMG dat. Poděkování patří také všem deseti probandům za účast ve výzkumu.

**OBSAH**

<b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>1 PŘEHLED POZNATKŮ.....</b>	<b>11</b>
1.1 NERVOVÁ REGULACE DÝCHÁNÍ.....	11
1.1.1 Receptory plic a horních cest dýchacích.....	11
1.1.2 Periferní chemoreceptory.....	12
1.1.3 Centrální chemoreceptory.....	13
1.1.4 Integrace vjemů.....	13
1.2 FUNKČNÍ ANATOMIE DÝCHACÍCH CEST.....	13
1.2.1 Vnější nos.....	14
1.2.2 Dutina nosní.....	14
1.2.3 Vedlejší nosní dutiny.....	14
1.2.4 Oxid dusnatý (NO).....	15
1.2.5 Vliv na mechaniku dýchání.....	16
1.2.6 Ústní dutina.....	16
1.3 BIOMECHANIKA DÝCHÁNÍ.....	17
1.3.1 Plíce a neutrální pozice hrudníku.....	17
1.3.2 Hrudní koš.....	17
1.3.3 Pohyby žeber a obratlů.....	18
1.3.4 Sternum a cartilagine costales.....	18
1.3.5 Bránice.....	19
1.3.6 M. levator costae.....	20
1.3.7 Mm. intercostales externi et interni (intimi).....	20
1.3.8 M. transversus thoracis.....	20
1.3.9 Pomocné dýchací svaly.....	20
1.4 UZ A EMG.....	21
1.4.1 Ultrasonografie.....	21
1.4.2 Ultrasonografie a vyšetření funkce bránice.....	21
1.4.3 Elektromyografie.....	22
1.4.4 sEMG respiračních svalů.....	23
1.5 ROZDÍLY V DÝCHÁNÍ NOSEM A ÚSTY.....	23
1.5.1 Rozdíly v aktivaci svalů při dýchání nosem a ústy.....	23
1.5.2 Dýchání nosem nebo ústy v zátěži.....	25
<b>2 CÍLE A HYPOTÉZY.....</b>	<b>26</b>
2.1 CÍLE PRÁCE.....	26
2.2 VĚDECKÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY.....	26
<b>3 METODIKA PRÁCE.....</b>	<b>28</b>
3.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU.....	28
3.2 PROTOKOL MĚŘENÍ.....	29
3.2.1 Vyšetření bránice pomocí UZ.....	29
3.2.2 Vyšetření pomocí sEMG.....	31
3.3 ANALÝZA DAT.....	32
3.3.1 UZ data.....	32
3.3.2 EMG data.....	33
<b>4 VÝSLEDKY.....</b>	<b>35</b>
4.1 VÝSLEDKY K VĚDECKÉ OTÁZCE 1.....	35
4.2 VÝSLEDKY K VĚDECKÉ OTÁZCE 2.....	37
4.3 VÝSLEDKY K VĚDECKÉ OTÁZCE 3.....	40
4.4 VÝSLEDKY K VĚDECKÉ OTÁZCE 4.....	41
<b>5 DISKUZE.....</b>	<b>43</b>
5.1 DISKUZE K TEORETICKÉ ČÁSTI.....	43
5.2 DISKUZE K PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	44
5.2.1 Diskuze k metodice práce.....	44
5.2.2 Diskuze k výsledkům.....	46

---

<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>48</b>
<b>REFERENČNÍ SEZNAM.....</b>	<b>49</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>55</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>56</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ.....</b>	<b>57</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>58</b>
<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>59</b>



## SEZNAM ZKRATEK

AN – m. alae nasi

BMI – body mass index

CNS – centrální nervová soustava

EKG – elektrokardiografie

EMG – elektromyografie

GG – m. genioglossus

GH – m. geniohyoideus

MR – magnetická rezonance

N hluboce – křivka na grafu odpovídající hlubokému dýchání nosem

N klid – křivka na grafu odpovídající klidovému dýchání nosem

P hluboce – křivka na grafu odpovídající hlubokému dýchání ústy

P klid – křivka na grafu odpovídající klidovému dýchání ústy

pH – potential of hydrogen

RMS – root mean square

SCM – m. sternocleidomastoideus

SD – směrodatná odchylka

sEMG – povrchová elektromyografie

UZ – ultrasonografie

## ÚVOD

Dýchání je jedna z vitálních funkcí organismu, nezbytná pro zajištění jeho životních funkcí. To stojí energii spotřebovanou dýchacími svaly, které se svojí aktivitou podílí na zvětšování a zmenšování objemu hrudníku. Aktivita různých dýchacích svalů ovlivní způsob, jakým k této změně objemu dochází. Ve fyzioterapii se často setkáváme s pojmem dechový stereotyp. Jeho průběh je dán individuálními dispozicemi konkrétního jedince, záleží i na aktuálním stavu organismu. Hlavní nádechové svaly zodpovídají za většinu dechové práce v klidovém stavu, ve stavu zvýšených nároků na ventilaci si tělo umí pomáhat pomocnými nádechovými svaly. V klidu může přílišná aktivita pomocných dýchacích svalů způsobit méně efektivní dechový stereotyp. Větší rozvíjení kraniální oblasti hrudníku způsobí ve vzpřímené poloze větší ventilaci kraniálních částí plic. Jejich největší prokrvení je z důvodu gravitace ale v kaudální části, dechový stereotyp tak není zcela ideální. Tato práce se zabývá vlivem dýchání nosem nebo ústy na aktivitu dýchacích svalů a dechový stereotyp. V teoretické části jsou zpracovány současné poznatky o tématu a je rozebráno, jak dýchání funguje. Cílem praktické části je zjistit, zda se dechový stereotyp při dýchání nosem nebo ústy nějak mění. Pohyb bránice budeme měřit pomocí M-mode ultrasonografie (UZ), aktivitu pomocných nádechových svalů pomocí elektromyografie (EMG). Budeme porovnávat, jak se liší dýchání nosem a ústy při klidovém dýchání a během hlubokého dýchání. Naším cílem je přinést nové poznatky k dané problematice a přispět k celkovému pochopení rozdílů při dýchání nosem nebo ústy.

# 1 PŘEHLED POZNATKŮ

Dýchání je cyklický děj opakující se více než 20 000 krát za den. Je to sice za klidových podmínek velmi jemný pohyb, jeho cykličnost a kontinuita však přidávají na jeho významu. K pochopení rozdílů v mechanice dýchání nosem nebo ústy je třeba nejdříve dobře porozumět, jak dýchání funguje a čím je regulováno. Definice dýchání z fyziologického pohledu by mohla znít „výměna dýchacích plynů mezi organismem a zevním prostředím za účasti dýchacích svalů.“

## 1.1 Nervová regulace dýchání

Regulace dýchání je složitý proces, na kterém se podílí více mechanismů. Hlavní úkol celého systému je výměna dýchacích plynů, tedy zajistit dostatek  $O_2$  a eliminovat  $CO_2$ . Volní kontrolu zajišťuje mozková kůra, díky které jsme schopni měnit hloubku, rytmus nebo frekvenci, dle naší vůle. Takto lze dýchání ovlivnit jen do určité míry, větší význam má regulace dýchání na podvědomé úrovni. Tu zajišťují 3 hlavní skupiny neuronů; v prodloužené míše ventrální a dorsální respirační skupina, ve Varolově mostě pontinní respirační skupina. V dorsální respirační skupině neurony inervují především nádechové svaly, ve ventrální respirační skupině svaly výdechové. Při klidovém dýchání je výdech pasivní děj, který zajišťují elastické vlastnosti struktur hrudníku, excitace neuronů inervujících výdechové svaly tak není nutná. Teprve při usilovném aktivním výdechu dojde k jejich excitaci a kontrakci výdechových svalů. Pontinní respirační skupina se dělí na 2 centra; apneustické a pneumotaktické. Apneustické centrum oddaluje limitační bod nádechu, trvá tedy déle, než se nádech zastaví. Pneumotaktické centrum má inhibiční efekt, limitační bod přibližuje, nádech zastaví dříve a tím se frekvence dýchání zvětší. Tyto 3 centra jsou spolu propojena a vzájemně se ovlivňují. Činnost těchto center a neuronů je ovlivňována periferními a centrálními receptory. [1,2]

### 1.1.1 Receptory plic a horních cest dýchacích

Tyto receptory nereagují na koncentrace dýchacích plynů, ale spíše na mechanické podněty, tedy míru roztažení plic, městnání krve a na přítomnost různých chemických látek jako histamin, prostaglandiny, prach nebo toxické látky. Lze je rozdělit na pomalu se adaptující (plicní tahové receptory) a rychle se adaptující iritační. Plicní tahové receptory zaznamenávají informace pouze o míře roztažení plic, jejich

aktuální velikosti a míře napětí dýchacích cest, zatímco iritační reagují jak na míru roztažení plic, tak na přítomnost chemických látek. Oba typy receptorů vedou informace do dechového centra přes nervus vagus a mohou způsobit zvýšení dechové frekvence, dechového objemu, nebo stimulovat kašel. Příklad je plicní napínací reflex, neboli Herring-Breuer reflex, který chrání před poškozením plic zastavením inspirace při přílišném napětí plic. Juxtakapilární receptory reagují na městnání krve v plicích a intersticiální edém, při podráždění budou zvyšovat ventilaci. [1,2]

McBride, B. et al. v experimentu zjistili přítomnost receptorů reagujících na průtok vzduchu v horních dýchacích cestách. 3 probandi zadržovali dech, jednou při nulovém průtoku vzduchu horními dýchacími cestami a podruhé s průtokem. Zjistili, že při průtoku vzduchu se čas, na který je proband schopen zadržet dech, prodlouží a frekvence mimovolních kontrakcí nádechových svalů se sníží. Nepatrně se zvýší také  $PCO_2$ . Efekt je již dostatečně významný při průtoku vzduchu jako při klidovém dýchání, s větším průtokem se efekt zvětší. Vliv má také teplota, chladnější vzduch efekt zvýrazní. Naopak při anestezii horních dýchacích cest bude efekt minimální. Receptory mohou fungovat na více principech, autoři se přiklánějí k místnímu ochlazení díky proudění vzduchu. Průtok vzduchu horními dýchacími cestami tak má inhibiční efekt na dýchání. [3]

### ***1.1.2 Periferní chemoreceptory***

Mezi periferní chemoreceptory patří aortální a karotická tělíska, reagují především na změny  $PO_2$ , v malé míře ale i  $PCO_2$  v arteriální krvi. Protože saturace krve může být maximálně 100%, jejich úloha spočívá ve stimulaci ventilace pouze, pokud by  $PO_2$  příliš klesl. Inhibiční vliv nemají. U dospělých mají větší význam karotická tělíska, aortální chemoreceptory svou aktivitu během dospívání postupně snižují. Karotická tělíska se na regulaci dýchání podílí přibližně z 15%, zjištěno to bylo relativním zvýšením  $PCO_2$  při jejich denervaci. Nachází se v oblasti bifurkace karotid. Jejich aktivita se zvýší, když  $PO_2$  klesne pod 75 mmHg. Poté se progresivně zvyšuje, když klesne pod 55-50mmHg (normální hodnota v oběhovém systému pro  $PO_2$  je 100mmHg). V kombinaci s hyperkapnií se odpověď ještě zvyšuje a dochází ke stimulaci ventilace. Jelikož saturace za fyziologických podmínek příliš neklesá, nejsou z hlediska kontroly ventilace při běžném dýchání příliš významné. [1,2,4]

### ***1.1.3 Centrální chemoreceptory***

Centrální chemoreceptory hrají zásadní roli v regulaci dýchání podle Ph, které se mění na základě změn arteriálního  $PCO_2$ . V centrální nervové soustavě (CNS) existuje více chemoreceptorů citlivých na změny pH (potential of hydrogen) (normální rozmezí se uvádí 7,36-7,44), nejdůležitější se ale nachází ve středním mozku a ve ventrální části míchy.  $CO_2$  je plyn rozpustný v tucích, tedy lipofilní, prochází proto snadno hematoencefalickou bariérou do mozkové tkáně a chemoreceptory reagují prakticky okamžitě. Pokud se zvýší  $PCO_2$ , sníží se pH a receptory budou stimulovat zvýšenou ventilaci. Při poklesu  $PCO_2$  a tedy zvýšení pH dojde zase naopak k hypoventilaci. Je to hlavní parametr ovlivňující míru ventilace. [1,2,4]

### ***1.1.4 Integrace vjemů***

Respirační centra uložená v prodloužené míše a Varolově mostu generují základní pravidelný dechový rytmus. Tento rytmus je ovlivňován periferními receptory reagujícími zejména na snížení  $PO_2$  a centrálními receptory reagujícími na  $PCO_2$ , které ovlivňují frekvenci a hloubku dýchání. Tyto signály spolu s mechanoceptory mají finální vliv na respirační centra, kde se excitují příslušné neurony a dojde ke kontrakci nádechových/výdechových svalů. Výsledkem je dechový rytmus o klidové frekvenci přibližně 12-16 nádechů/min s objemem 0,5l u zdravého dospělého člověka. Dechový vzorec se ale bude měnit podle toho, jestli tělo reaguje na nedostatek  $O_2$  nebo moc velké množství  $CO_2$ . Při nedostatku  $O_2$  bude zvýšená dechová frekvence, ale objem bude zvýšený jen minimálně, nejspíše je to způsobeno statickými odpory plic. Ty zvyšují nároky na dechovou práci. Ve stavu sníženého  $PO_2$  tělo musí šetřit energii a nebude proto maximálně rozpínat hrudník. Při zvýšení  $PCO_2$  bude mít tělo energie dostatek a dýchání bude mít nižší frekvenci a větší objem. Tímto se také zmenší podíl mrtvého prostoru na množství vdechnutého vzduchu a dýchání může být efektivnější. [1,2]

## **1.2 Funkční anatomie dýchacích cest**

Dolní dýchací cesty jsou stejné pro jakýkoliv typ dýchání, důležité je se zaměřit na horní cesty dýchací, zejména rozdíl mezi ústní a nosní dutinou a jejich vliv na vdechovaný vzduch a jeho proudění. Nosní dutina je komplex skládající se z více částí. Spadá do ní vnější nos, pravá a levá nosní dutina a vedlejší nosní dutiny. Každá část má svůj vlastní účel a funkce.

### **1.2.1 Vnější nos**

Nos má tvar trojboké pyramidy a je to první místo kontaktu vdechovaného vzduchu s tělem. Rozlišujeme radix nasi, dorsum nasi a apex nasi. Alae nasi tvoří postranní stěny nosu a svými kaudálními okraji ho obkružují. Uvnitř se nachází nosní dírky – nares a mezi nimi septum nasi. Kostěné ohraničení nosu se nazývá apertura piriformis. Horní 1/3 nosu je kostěná a dolní 2/3 jsou tvořeny hyalinní chrupavkou. Velmi častá odchylka je deviace nosní přepážky, najdeme ji až u 75% populace. Velikost průřezu prostoru uvnitř nosu je v různých částech jiná, proto i dynamický odpor proudění vzduchu je různý. Oblast s největším dynamickým odporem (vnějšího nosu i celých dýchacích cest, uvažujeme-li dýchání nosem) se nazývá nosní chlopeč, jinými slovy je to nejužší část dýchacích cest. Tento pojem označuje oblast distálně od apertura piriformis, jelikož tam se právě největší dynamický odpor nachází. [5,6,7]

### **1.2.2 Dutina nosní**

Hned po prvním kontaktu s vnějším nosem se vzduch přesouvá do samotné nosní dutiny, nebo lépe řečeno do nosních dutin, jelikož je nosní přepážkou rozdělena na dvě části. S okolním prostředím je propojena skrze nosní dírky a dále ústí do nosohltanu přes choany, kde dojde k propojení pravé a levé části. Ještě před vstupem do vlastní nosní dutiny se v oblasti nozder nachází vestibulum nasi, prostor, kde jsou po obvodu chloupky za účelem filtrace přichozícího vzduchu. Nosní přepážka je tvořena v kraniiální části lamina perpendicularis ossis ethmoidalis, která ventrálně pokračuje septální chrupavkou. Dorzokaudálně tvoří přepážku vomer. Z laterální stěny rozdělují nosní dutinu 3 conchy: concha nasalis superior, media et inferior a dělí nosní dutinu na více prostorů: meatus nasi superior, medius et inferior. Po stranách nosní přepážky se nachází meatus nasi communis, tedy prostor, který rozdělen není. V oblasti meatus nasi superior se nachází čichový okrsek s čichovým epitelem, zbylé prostory vyplňuje okrsek dýchací, s víceřadým řasinkovým epitelem. Najdeme zde bohaté žilní pleteně, nejvýraznější na dolní skořepě nosní, které vdechovaný vzduch ohřívají a obohacují o vodní páru. Také zde dochází k produkci hlenu, na který se zachycují prachové částice, alergeny, patogeny a následně jsou transportovány do nosohltanu. [5,7,8]

### **1.2.3 Vedlejší nosní dutiny**

Na každé straně se nachází 4 vedlejší nosní dutiny, propojené s nosní dutinou. Sinus frontalis, maxillaris a cellulae ethmoidales ústí z laterální stěny do meatus nasalis

medius, sinus sphenoidalis ústí do dorzokraniální stěny meatus nasalis superior. Jejich původ není úplně znám, uvažuje se více mechanismů vzniku, které se mohou vzájemně doplňovat. Jedna možnost vysvětluje jejich vznik přes aktivitu osteoklastů z ethmoidální sliznice, která způsobila pneumatizaci kostí. Také se mohly vytvořit díky působení mechanických sil v kraniofaciální oblasti. Dále se uvažuje jejich vznik přes degeneraci kostní dřevě maxilly, os frontalis a os sphenoidale. Vedlejší nosní dutiny mají celou řadu funkcí, odlehčují lebku, tepelně izolují mozek a oči, rezonují hlas, absorbují nárazy při žvýkání, ohřívají vdechovaný vzduch, regulují tlak uvnitř nosu, odvádějí hlen a jsou při dýchání nosem konstantně ventilovány. To je způsobeno právě jejich propojením s nosní dutinou skrz ostia. Nebyla popsána anatomická nebo fyziologická struktura, která by je mohla uzavírat, nebo otevírat, jsou to tedy fyziologicky inertní struktury a zůstávají za fyziologického stavu permanentně otevřené. [9,10]

#### **1.2.4 Oxid dusnatý (NO)**

Tento plyn byl objeven teprve relativně nedávno a za jeho objevení byla udělena Nobelova cena za medicínu 1998. Zjistilo se, že tento plyn je velice významným vazodilatátorem, produkovaným buňkami cévního endotelu. Způsobuje relaxaci hladkého svalstva cévní stěny. Jeho význam byl objeven ale i v jiných buňkách a tkáních, konkrétně v dýchacím a nervovém systému a hraje roli také v imunitní reakci organismu. Existují 2 možnosti syntézy. První způsob je pomocí endoteliálního nebo neuronového signálu pro NO syntázu spolu s vyplavením  $\text{Ca}^{2+}$ . Vznikne tak relativně malé množství NO. Druhý způsob je na  $\text{Ca}^{2+}$  nezávislý, NO syntázu aktivují zánětlivé cytokiny a k produkci NO dojde v buňkách imunitního systému. Produkce je takto i 1000x větší. Zjistilo se, že při dýchání nosem bylo ve vydechovaném vzduchu násobně více NO, což lze vysvětlit jeho produkcí v oblasti horních cest dýchacích. Při zkoumání přímo sinus maxillaris bylo zjištěno, že k produkci dochází druhým způsobem popsaným výše, nicméně i bez stimulace viry nebo bakteriemi. Jeho produkce je tedy velmi rychlá a mezi nádechy má jeho hladina prostor pro regeneraci. NO v nosních dutinách může hrát roli v ochraně proti patogenům, jeho koncentrace v sinus paranasales je toxická pro mnoho virů a bakterií. Další roli pravděpodobně hraje ve zvlhčování a ohřívání průchozího vzduchu. Jeho produkce způsobí vazodilataci cév, čímž se zvýší jejich průtok i schopnost zvlhčovat a ohřívát vzduch. Tento mechanismus funguje i naopak, při vyšší teplotě vdechovaného vzduchu bude menší produkce NO a bude ohříván méně nebo ochlazován v závislosti na jeho teplotě. Vedle toho funguje

jako aerokrinní posel mezi horními a dolními dýchacími cestami. Dýchání nosem, tedy při obohacení vdechovaného vzduchu o NO, snižuje rezistenci pulmonálních cév a zvyšuje okysličení krve. [10]

### ***1.2.5 Vliv na mechaniku dýchání***

Vdechovaný vzduch se po průchodu nosními dírkami musí dostat skrz nosní chlopeň, tedy místo, kde bude proudění vzduchu přeměněno z laminárního na turbulentní při jeho nejmenším průtoku z celých dýchacích cest. Dále vzduch projde vestibulem, tam se pomocí chloupků mechanicky filtrují větší částice a dochází k čištění vzduchu od nečistot. V samotné nosní dutině je více nepravidelných struktur. Ty způsobí rozbití laminárního proudění vzduchu a přemění ho na turbulentní, aby vdechovaný vzduch zůstal déle v kontaktu s čichovým a respiračním epitelem a vedlejšími nosními dutinami. Také mrtvý prostor se při dýchání nosem zvětší. Dále může mít vliv nosní cyklus, ten byl popsán jako spontánní ucpávání a zprůchodnění nosní sliznice, kdy ucpání jedné strany je doprovázeno recipročním zprůchodněním strany druhé. Vyskytuje se u 70% až 80% populace, jeho vliv by tedy měl být také uvažován. Komplikace může způsobit v kombinaci s deviací nosní přepážky, kdy při ucpání širší nosní dírky je průřez druhé příliš malý, aby umožnil dostatečný průtok pro klidovou ventilaci. [5,6,7,8,9,10,11,12]

### ***1.2.6 Ústní dutina***

Odlišnost dýchání skrz ústní dutinu je nyní poměrně zřejmá. Její průměr je oproti nosní dutině větší, proudění se tedy z laminárního změní na turbulentní až při větším průtoku. Jinými slovy, lze dosáhnout větší ventilace a to při spotřebování menšího množství energie. Úplně nejefektivnější z pohledu ekonomizace práce dýchacích svalů je dýchat společně nosem i ústy. V intenzivnější zátěži je dýchání ústy naprosto zásadní. Ústní dutina také sehrává roli jako náhradní mechanismus dýchání při obstrukci horních dýchacích cest. Nicméně při dýchání přes ústní dutinu ztrácí organismus všechny výhody spojené s dutinou nosní. Vzduch není filtrován, ohříván nebo chlazen a zvlhčován. Tyto změny se dějí tím pádem až v dolních dýchacích cestách, které k těmto funkcím nejsou primárně určeny. [5,13]



### 1.3 Biomechanika dýchání

Cílem vnější ventilace je výměna plynů mezi plicemi a zevním prostředím. Z neutrální polohy hrudníku je toho dosaženo pomocí zvětšování jeho objemu aktivitou dýchacích svalů, které buď přímo zvětšují jeho objem (bránice) nebo působí na jiné struktury (elevace žeber). Při výdechu je tomu naopak, elastické vlastnosti hrudního koše, či aktivita výdechových svalů při usilovném výdechu zvýší intrathorakální tlak a vzduch musí proudit z plic ven. Důležité je tedy pochopit, jak ke zvětšování a zmenšování prostoru uvnitř hrudního koše dochází. [14]

#### 1.3.1 *Plice a neutrální pozice hrudníku*

V plicích dochází k výměně plynů mezi krví a vzduchem v alveolech, aktivně se pohybu účastnit nemohou. Jsou obaleny viscerální pleurou, která naléhá na pleuru parietální, ta kopíruje tvar hrudního koše a orgánů uložených v mediastinu. Rozpínání plic je umožněno posunlivostí obou pleur vůči sobě. Rozvíjení hrudního koše v jednom místě způsobí větší posun pleur v tom samém místě a dojde zde k větší ventilaci dané části plic. Samotné plíce mají tendenci kolabovat, tomu je za fyziologických podmínek zabráněno přiléhavostí obou pleur a hrudním košem. Má to ale vliv na neutrální pozici hrudníku. Na konci klidového výdechu je jeho pozice dána plicemi, svou tendencí kolabovat prostor uvnitř hrudníku zmenšují a hrudním košem, který proti plicím působí svými elastickými vlastnostmi. Při nádechu se v určitém bodě dosáhne neutrální pozice pevných struktur a poté se překonává i tato síla. Při výdechu do funkční expirační rezervy se jen více překonává elasticita pevných struktur. Kombinací sil pevných struktur hrudníku a plic dostáváme celkovou compliance hrudního koše. Prakticky tyto dvě rozdílné síly, ze kterých compliance hrudního koše vzniká, nelze vzájemně oddělit a fungují jako jedna. [14]

#### 1.3.2 *Hrudní koš*

Hrudní koš je tvořen hrudní kostí (sternum), žebry (costae) spojenými s obratli a žeberními chrupavkami (cartilagineae costales). Tyto struktury tvoří ohraničení hrudní dutiny latero-laterálně a anterio-posteriorně. Kranio-kaudálně je to bránice, která naléhá na břišní dutinu a apertura thoracis superior. [14]

### 1.3.3 *Pohyby žeber a obratlů*

Na každé části hrudní páteře je žebro spojeno s obratlem dvěma klouby. Jeden je mezi dvěma těly sousedních obratlů a koncem žebra (art. costovertebralis), druhý mezi processus transversus dolního obratle z předchozího kloubu a tuberculum costae (art. costotransversae). Oba tyto klouby jsou synoviální, stabilizovány ligamenty a tvoří dohromady funkční jednotku. Umožňují jen jeden typ pohybu žeber a to rotaci kolem pomyslné osy procházející skrz oba tyto klouby. V závislosti na orientaci dané osy vzhledem k sagitální rovině lze následně určit pohyb v daném segmentu. Rotace vždy způsobí elevaci či depresi žeber, záleží ale do jakého směru. Osa těchto dvou kloubů u dolních žeber je téměř paralelní se sagitální rovinou, proto dolní žebra budou při nádechu zvětšovat objem hrudního koše více latero-laterálně. Na horních segmentech hrudní páteře je osa protínající tyto klouby svou orientací blíže frontální rovině, proto se v těchto segmentech bude hrudník rozpínat více antero-posteriorně. Ve středních segmentech hrudníku svírá osa úhel se sagitální rovinou přibližně 45°, tím pádem může hrudní koš expandovat jak latero-laterálně, tak antero-posteriorně. Bod největšího rozšíření hrudního koše se nachází na oblouku daného žebra a je nejvzdálenější od jeho již zmíněné osy otáčení. Takto lze vysvětlit, jak konkrétně dochází ke změnám v rozvíjení hrudníku v jednotlivých segmentech. [14]

### 1.3.4 *Sternum a cartilagine costales*

Čím kranialněji žebro je, tím více se elevuje jeho ventrální část. Pohyb žeber je limitován připojením přes chrupavku na sternum, kdy pohyb sternu je výsledkem působení sil žeber středních a kranialních, každé s mírně odlišnou osou otáčení. Sternum je při nádechu elevováno a posouvá se mírně anteriorně, je to výsledek působení všech žeber s ním spojených. Při elevaci žeber dochází v art. costosternalis k relativní depresi žebra vůči sternu jeho otočením kolem osy tohoto kloubu, cartilago costalis se dostane do více horizontální polohy. Samotná cartilago costalis se také účastní pohybů. Rotace žebra kolem své osy pohybu, vycházející ze spojení s páteří, způsobí torzi chrupavky, art. sternocostalis rotaci žebra totiž neumožňuje. Sternum se rotovat také nemůže, je fixováno ostatními žebry. Při nádechu se tedy musí překonat odpor těchto chrupavek, energie vynaložená na tento torzní pohyb se uchovává a je uvolněna při výdechu. [14]

### 1.3.5 Bránice

Tento sval tvoří dno hrudního koše a odděluje ho od dutiny břišní. V dorzální části zasahuje více kaudálně než v části ventrální. Jeho nejkraniálnější část je centrum tendineum, odtud se svalová vlákna upínají k pevným strukturám; 7.-12. žebro včetně žebních chrupavek, processus xiphoideus, bederní obratle (crus dextrum L1-L4, crus sinistrum L1-L3), m. quadratus lumborum a mediální plochu psoatu. Bránice má tři otvory, kterými prochází v. cava inferior (Th8), esophageus (Th10) a aorta (Th12). Během aktivace bránice dochází k více akcím, které nelze vzájemně oddělit, překrývají se. Při kontrakci svalových vláken dojde zprvu ke kaudálnímu posunu centrum tendineum. Objem hrudníku se tak zvětší kraniokaudálně, bránice v této fázi funguje jako píst. Tento pohyb je omezen vzrůstajícím napětím struktur mediastina kraniálně a narůstajícím nitrobřišním tlakem kaudálně. Zejména nitrobřišní tlak způsobí stabilizaci centrum tendineum, které od tohoto okamžiku změní svou funkci z punctum mobile na punctum fixum. Pokračující kontrakce vláken od tohoto momentu elevuje žebra, každé v závislosti na jeho ose otáčení, viz výše. Přes žební chrupavky a sternum se pohyb přenáší i na horní žebra. Objem hrudního koše se tímto zvětšuje latero-laterálně a ventro-dorzálně. Z tohoto důvodu lze bránici uvažovat jako hlavní nádechový sval, objem hrudníku totiž zvětšuje ve všech třech rovinách. [14,15]

Práce bránice je skrz nitrobřišní tlak spojena s dalšími svaly – zejména břišními a pánevním dnem. Ačkoli jsou břišní svaly a bránice anatomicky antagonisté, jejich souhra a synergismus je pro optimální funkci klíčová. Bránice by bez nich nedokázala pracovat tak efektivně. Při kontrakci bránice je třeba, aby se v určitý moment centrum tendineum stabilizovalo o nitrobřišní tlak. To je umožněno právě souhrou s břišními svaly a svaly pánevního dna. Během nádechu konají excentrickou kontrakci, čímž brání přílišnému zvětšení objemu břišní dutiny a poklesu nitrobřišního tlaku. Během výdechu bránice relaxuje a břišní svaly spolu s pánevním dnem konají koncentrickou kontrakci. Dojde tak ke kraniálnímu posunu centrum tendineum a kaudálnímu posunu žeber a sternu. Břišní svaly jsou tímto zřejmým antagonistou bránice. Jejich aktivace umožní zmenšení objemu hrudníku ve všech třech rovinách. Obě svalové skupiny mají neustále nějaký tonus, záleží která se zapojí více a podle toho se hrudník zvětšuje nebo zmenšuje. Bod rovnováhy se posouvá více k nádechu/výdechu. [14,15]

### **1.3.6 *M. levator costae***

Tento nádechový sval začíná na processus transversus obratlů a upíná se na žebro o segment kaudálněji. Průběh jeho vláken je kaudolaterální směrem k úponu na žebro. Funkce tohoto svalu je elevace žebra. [14]

### **1.3.7 *Mm. intercostales externi et interni (intimi)***

Mm. intercostales externi se nacházejí v mezižebním prostoru od tuberculum costae po začátek žeburní chrupavky. Jejich funkce vychází z orientace svalových vláken, která je stejná jako u m. levator costae. Z horního žebra jdou kaudolaterálně (v dorzální části hrudníku, v laterální ventrokaudálně) na dolní žebro. Jejich kontrakce způsobí relativní posun žeber vůči sobě, který vyústí v jejich elevaci. Mm. intercostales interni se nachází v mezižebním prostoru od angulus costae po sternum. Princip jejich práce je stejný jako u mm. intercostales externi, z horního žebra na dolní jdou ale kaudomedálně (opět v dorzální části hrudníku, na ventrální kaudolaterálně). Kontrakce vláken tak způsobí vzájemný relativní posun žeber na opačnou stranu, dojde k depresi žeber. [14]

### **1.3.8 *M. transversus thoracis***

M. transversus thoracis se nachází na hrudníku retrosternálně. Ze sternu se upíná na 2. až 6. žebro. Průběh jeho vláken je od sternu kranioleterálně, jejich kontrakce tak způsobí relativní depresi žeber vůči sternu. To je biomechanicky součástí výdechu, m. transversus thoracis je proto výdechový sval. [14]

### **1.3.9 *Pomocné dýchací svaly***

Mm. scaleni se primárně účastní pohybů krční páteře, při její stabilizaci mohou změnit punctum fixum a punctum mobile a podílet se na elevaci 1., respektive 2. žebra. M. sternocleidomastoideus (SCM) může přes úpon na claviculu a sternum působit obdobně. Lze je zařadit mezi svaly nádechové. M. pectoralis major et minor mohou také elevovat žebra. Při fixaci humeru (nejlépe v abdukci v ramenním kloubu), respektive scapuly, pracují jako nádechové svaly. Při abdukci v ramenním kloubu nádechu pomáhá také m. latissimus dorsi. Spodní vlákna m. serratus anterior elevují žebra při fixaci lopatky jejími stabilizátory, zejména m. trapezius pars descendens a m. levator scapulae. M. serratus posterior superior elevuje 2.-5. žebro, inferior fixuje 9.-12. žebro a napomáhá tak funkci bránice ve fázi kaudálního posunu centrum tendineum, při

výdechu dělá jejich depresi. Kraniální část m. iliocostalis je schopna elevace žeber. Výdechu se vedle břišních svalů účastní m. quadratus lumborum a kaudální část m. longissimus et iliocostalis, díky jejich úponům na spodní žebra. [14]

## 1.4 UZ a EMG

### 1.4.1 Ultrasonografie

Ultrazvuk je z pohledu fyziky mechanické vlnění o frekvenci větší než 20kHz. Pro diagnostické účely se používá frekvence 2-18MHz. Kratší vlnová délka umožňuje zobrazení větších detailů. Ultrasonografie je neinvazivní zobrazovací metoda, používána pro zobrazení podkožních struktur; šlach, svalů, kloubů, cév, orgánů a při těhotenství, za účelem posouzení jejich stavu a nalezení možné patologie. Ultrazvukové vlny jsou omezeny plynným prostředím, proto není vhodná k zobrazení např. střev, také neprojde skrz kosti. Přístroj se skládá z počítače s rekonstrukčním systémem a sondy. Ta funguje jako vysílač i přijímač. Ultrazvukové vlnění se vytváří díky piezoelektrickému jevu. To je schopnost látky se pod napětím deformovat (vytváření vlnění v sondě) a naopak při deformaci elektrický náboj vytvářet (detekce vlnění). Tkáně v těle mají různou echogenitu (schopnost odrážet mechanické vlnění). Na základě toho dochází na rozhraní tkání k odrazu akustického vlnění, který sonda zaznamenává. Existují 4 typy zobrazení ultrazvukem:

1. A-mode: nejjednodušší, jedna sonda snímá pouze ve tvaru přímky, jednotlivé struktury zobrazí na grafu jako funkci hloubky. (A=amplituda)
2. B-mode: zde více vedle sebe umístěných sond skenuje ve tvaru roviny, výsledný obraz se zobrazuje ve 2D na monitoru. (B=brightness)
3. M-mode: snímky jako v B-modu jdou v sekvenci za sebou, umožňují zaznamenávat pohyb jednotlivých struktur. (M=motion)
4. Doppler mode: tento mód se využívá k zobrazení proudění krve v cévách, funguje na principu Dopplerova efektu; v závislosti na pohybu sledovaného bodu dochází při odrazu akustického vlnění ke zvýšení/snížení frekvence vlnění. [16]

### 1.4.2 Ultrasonografie a vyšetření funkce bránice

Pro vyšetření funkce bránice se využívá B-mode a M-mode. Rozlišuje se vyšetření pravé a levé části bránice. Pro pravou část se sonda umístí pod žeberní

oblouky mezi medioklavikulární a axilární linií a snímá se přes játra. Sonda směřuje kraniálně, dorzálně a mediálně, aby snímala dorzální 1/3 pravé poloviny bránice. Vlevo se umísťuje mezi přední a zadní axilární linií a pro kontrast se využije slezina. Pomocí B-modu se najde správné místo pro měření, poté se v M-modu změří pohyb bránice vzhledem ke směru snímání UZ sondy. UZ je reprodukovatelná metoda pro vyšetření funkce bránice. [16,17,18,19]

### ***1.4.3 Elektromyografie***

Elektromyografie (EMG) je metoda, umožňující zaznamenávat elektrickou aktivitu motorických jednotek a jejich svalových vláken. Obvykle porovnává aktivitu v klidu a při volní kontrakci. Motorická jednotka se skládá z motoneuronu v předním rohu míšním, jeho axonu, terminálních větví a jednotlivých svalových vláken inervovaných tímto motoneuronem. EMG se dělí na nitrosvalové a povrchové. Nitrosvalové EMG snímá aktivitu přímo ve svalu, zavede se do něj jedna nebo více jehel. Podává přesnější informace, lze porovnat aktivitu i na úrovni jednotlivých motorických jednotek, je ale náročnější na provedení a má více rizik (např. infekce, pneumotorax). Povrchové EMG (sEMG) se provádí pomocí povrchových elektrod, záznam o aktivitě daného svalu není tak přesný, výhodou je jednoduchá aplikace. Získáme sumární akční potenciál daný více motorickými jednotkami. Před vyšetřením je třeba místo aplikace elektrod důkladně vyčistit, např. alkoholovou dezinfekcí. Pro zaznamenání aktivity svalu se používají registrační elektrody; aktivní a referenční. Aktivní snímá rozdíl elektrického potenciálu vůči elektrodě referenční. Uzemňovací elektroda se dává na místo, kde aktivitu svalů neočekáváme, obvykle proti kosti. Signál je u sEMG často poznamenán artefakty, tj. aktivitou jiných svalů v okolí nebo např. i srdce při měření v okolí hrudníku. Tyto artefakty je možné do jisté míry odstranit. [20,21]

Může se zdát, že EMG i UZ jsou podobné metody pro vyhodnocení zapojení daného svalu, je ale třeba si uvědomit, že tomu tak nemusí úplně být. UZ umí změřit jen pohyb, nedostaneme z něj míru aktivity daného svalu. EMG zaznamená elektrickou aktivitu svalu, ale zase nevíme, zda došlo v segmentech k pohybu. Výhodné může být k zaznamenání izometrické kontrakce svalu, kterou pomocí UZ nezjistíme. [22]

#### **1.4.4 sEMG respiračních svalů**

Postup při měření aktivity dýchacích svalů pomocí sEMG je stejný jako u jiných svalů. Komplikaci představuje jejich anatomie; mnoho z nich není přímo pod kůží a jsou velmi blízko sebe. Na záznamu je proto více artefaktů. Při měření aktivity SCM např. nelze vyloučit i aktivitu mm. scaleni. Při měření mm. intercostales proces komplikuje povrchově uložený m. pectoralis major a artefakty srdeční aktivity. Bránice se měří elektrodami umístěnými na sedmém až osmém mezižebří mezi medioklavikulární a axilární linií, záznam komplikují artefakty z mezižebních svalů a srdeční aktivita. sEMG je nicméně dle současné literatury objektivní metoda pro zjištění aktivity bránice. [23,24,25]

### **1.5 Rozdíly v dýchání nosem a ústy**

Několik autorů zkoumalo rozdíly v mechanice dýchání při dýchání nosem nebo ústy, zaměření je hlavně na svaly související s depresí mandibuly. V zátěži se autoři zaměřují na pozitivní či negativní vliv způsobu dýchání na parametry související s ní.

#### **1.5.1 Rozdíly v aktivaci svalů při dýchání nosem a ústy**

Toto téma není moc probádané, většina autorů se věnuje chronickému dýchání ústy a jeho dlouhodobému vlivu na morfologii ústní dutiny, kdy se zjišťuje převažující způsob dýchání (nosem/ústy) a měří různé parametry ústní dutiny [26]. Dále se autoři věnují pozitivnímu vlivu nosního dýchání na obstrukční spánkovou apnoe a spánek obecně [27]. Okamžitý důsledek změny způsobu dýchání byl zkoumán méně. Limitací většiny studií je malý počet probandů a rok vydání, většina je z 80. let. Bylo nalezeno 5 studií s počtem  $11,3 \pm 3,2$  probandů, abstrakt článku z bývalého SSSR a dále více studií prováděných na zvířatech, zmíněna je jedna prováděná na šesti kočkách.

Basner et al. měřili aktivitu m. genioglossus (GG), m. alae nasi (AN) a bránice pomocí EMG na 8 mužích v polosedu s podepřením zad při dýchání nosem nebo ústy. Aktivita bránice se statisticky významně neměnila, GG a AN se při dýchání ústy aktivovaly významně méně. Studie předpokládá vliv receptorů v nosní dutině na aktivitu těchto svalů. [28]

Takahashi et al. měřili aktivitu GG a m. geniohyoideus (GH) pomocí EMG při dýchání nosem a ústy v pozici vsedě a v pozici na zádech. Oba svaly mění aktivitu při otevření úst, polykání, pohybech mandibuly a protruzi jazyka. GG měnil aktivitu při dýchání nosem/ústy v supinační poloze, vsedě statisticky významný rozdíl pozorován

nebyl. Svou aktivitu tedy měnil v závislosti na poloze. Žádný statisticky významný rozdíl u aktivity GH při změně dýchací cesty nebo polohy zaznamenán nebyl. [29]

Bruintjes et al. zkoumali EMG aktivitu m. procerus, m. levator labii superioris alaque nasi, transverzální a alární část m. nasalis, m. dilator naris a m. apicis nasi na 17 mužích. U 8 pacientů se při klidovém dýchání aktivoval jeden či více těchto svalů: transverzální a alární část m. nasalis, m. dilator naris a m. apicis nasi. Po zátěži se aktivovalo více svalů a zvýšily svou aktivitu, 16 ze 17 probandů ukazovalo známky aktivity spojené s dýcháním. M. procerus a m. levator labii superioris alaque nasi jsou spojené hlavně s grimasováním. Studie naznačuje, že svaly okolo nosu stabilizují jeho stěny a zabraňují tak případnému kolapsu nosní chlopně daného Bernoulliho efektem. [30]

Cai et al. zkoumali pomocí magnetické rezonance (MR) aktivitu GG jako posun zadní části jazyka při různých pozicích hlavy a mandibuly na 12 probandech mužského pohlaví. Prostor se nejvíce zvětšil při extenzi krční páteře, při flexi zmenšil. Otevření úst způsobilo zvětšení prostoru. Autoři oboje vysvětlují zvětšením prostoru pro anteriorní posun dorzální části jazyka. Elektrická aktivita GG neznámá u tohoto svalu hned izotonicou kontrakci, může také izometricky horní dýchací cesty pouze stabilizovat. Zapojuje se při nádechu a větší pohyb byl pozorován v hltanu než nosohltanu. [22]

Douglas et al. se zabývali rozdíly v dechových parametrech dle způsobu dýchání. Na 9 probandech měřili při klidovém dýchání nosem vs. ústy frekvenci, čas nádechu a výdechu, dechový objem, minutový objem a ventilační odpověď na hypoxii/hyperkapnii. Při dýchání ústy byla nižší frekvence ( $12.5 \pm 1.0$  vs.  $15.1 \pm 1.3 \text{ min}^{-1}$ ) z důvodu zejména prodlouženého výdechu při dýchání ústy ( $3.25 \pm 0.35$  vs.  $2.41 \pm 0.37 \text{ s}$ ). Dechový objem byl přibližně stejný a proto při dýchání ústy byla i nižší minutová ventilace ( $8.43 \pm 0.44$  vs.  $9.37 \pm 0.47 \text{ L/min}$ ). Na hypoxii i hyperkapnii organismus více reagoval zvýšením ventilace při dýchání ústy, při dýchání nosem byla reakce minimální. Dle autorů je rozdíl moc velký, aby byl dán pouze zvýšeným dynamickým odporem při dýchání nosem. Předpokládají vliv receptorů reagujících na průtok vzduchu horními dýchacími cestami. [31]

Bakuradze et al. měřili pomocí EMG spontánní aktivitu m. deltoideus a m. gastrocnemius po jejich maximální práci při dýchání nosem a ústy. Elektrická aktivita po práci při dýchání nosem byla větší než při dýchání ústy. Dle autorů průtok vzduchu nosní dutinou zaznamenají receptory a ovlivní excitační schopnosti nervového



systemu. U této studie z bývalého SSSR byl nalezen pouze abstrakt, data nemusí být přesná a věrohodná. [32]

Ono et al. zkoumali pomocí EMG aktivitu m. masseter a bránice na šesti kočkách v částečné anestezii při dýchání nosem a ústy. Aktivita m. masseter byla utlumena při dýchání ústy, masseterový reflex byl také méně výbavný, ke změnám docházelo hlavně při nádechu. Aktivita bránice se neměnila. Téma potřebuje další zkoumání, aby se ověřilo, zda u lidí mechanismus funguje stejně. [33]

### ***1.5.2 Dýchání nosem nebo ústy v zátěži***

V zátěži se zvyšují požadavky organismu na ventilaci, z klidových 8 l/min vystoupají v maximu až na 150-200 l/min. Těchto čísel je však možné dosáhnout jen při dýchání ústy (obvykle spolu s nosem), průřez horních dýchacích cest takovou ventilaci neumožňuje. Maximální ventilace při dýchání nosem je přibližně 70l, tedy 2-2,5x méně [34]. Dechový objem se přitom změní minimálně, je to způsobeno frekvencí [35]. Zvětší se ale efektivita, na výměnu stejného množství CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub> stačí menší minutová ventilace [35,36]. VO<sub>2</sub>max je nižší při dýchání nosem zhruba o 20% [35], u rekreačních běžců, kteří pravidelně při běhání dýchají nosem významný pokles zjištěn nebyl [36]. Dýchání nosem může být díky efektivitě výměny plynů výhodné ve středně těžké zátěži, do 65-80% VO<sub>2</sub>max [37] a umožňuje dosáhnout dostatečné intenzity pro aerobní tréninkový efekt [35]. V maximální zátěži při dýchání nosem lepších výsledků nedosáhneme [37]. Při Wingate testu nebyly zjištěny rozdíly ve výkonu, při dýchání nosem byla vyšší tepová frekvence, která naznačuje vyšší požadavky na kardiovaskulární systém [38]. Na výkon v bench pressu má způsob dýchání minimální vliv [39].

## 2 CÍLE A HYPOTÉZY

### 2.1 Cíle práce

Cílem teoretické části práce je zpracovat dosavadní poznatky o odlišnostech v dýchání při dýchání nosem a ústy. Podrobněji je pojednáno o regulaci dýchání, anatomii nosní dutiny a biomechanice dýchání. K pochopení případných rozdílů v závislosti na způsobu dýchání je třeba porozumět jeho obecným principům a fyziologii. Je rozebráno, co vše je v nosní dutině jiné a případně může mít vliv na rozdílnou aktivitu dýchacích svalů. Biomechanika je důležitá k pochopení významu a funkce jednotlivých svalů při dýchání.

Cílem praktické části práce je ověřit a zjistit, zda se liší aktivita dýchacích svalů v závislosti na dýchání nosem nebo ústy. Dosavadní poznatky chceme rozšířit o nové za využití UZ a EMG, každou metodu využijeme dle jejího potenciálu na konkrétní svaly. Chceme objasnit, zda existují signifikantní rozdíly v elektrické aktivitě svalů a kranio-kaudálním pohybu bránice při dýchání nosem nebo ústy. Naším záměrem je získat nové informace k této problematice a přispět k lepšímu pochopení vztahu mezi typem dýchání a aktivitou dýchacích svalů. Předpokládáme, že dýchání nosem povede k jiným vzorům svalové aktivity než dýchání ústy kvůli odlišnostem v obou cestách shrnutým v teoretické části práce. Získaná data porovnáme se současnými poznatky k danému tématu.

### 2.2 Vědecké otázky a hypotézy

#### Vědecká otázka 1

Liší se během klidového dýchání aktivita m. trapezius pars descendens, mm. scaleni, SCM a mm. intercostales externi při dýchání nosem od jejich aktivity při dýchání ústy?

- $H_{01}$ - Aktivita m. trapezius pars descendens, mm. scaleni, SCM a mm. intercostales externi během klidového dýchání se nebude při dýchání nosem statisticky významně lišit od jejich aktivity při dýchání ústy na EMG vyšetření.
- $H_{11}$ - Aktivita m. trapezius pars descendens, mm. scaleni, SCM a mm. intercostales externi během klidového dýchání se bude při dýchání nosem statisticky významně lišit od jejich aktivity při dýchání ústy na EMG vyšetření.

### Vědecká otázka 2

Liší se během hlubokého dýchání aktivita m. trapezius pars descendens, mm. scaleni, SCM a mm. intercostales externi při dýchání nosem od jejich aktivity při dýchání ústy?

- H<sub>02</sub>- Aktivita m. trapezius pars descendens, mm. scaleni, SCM a mm. intercostales externi během hlubokého dýchání se nebude při dýchání nosem statisticky významně lišit od jejich aktivity při dýchání ústy na EMG vyšetření.
- H<sub>12</sub>- Aktivita m. trapezius pars descendens, mm. scaleni, SCM a mm. intercostales externi během hlubokého dýchání se bude při dýchání nosem statisticky významně lišit od jejich aktivity při dýchání ústy na EMG vyšetření.

### Vědecká otázka 3

Liší se během klidového dýchání vzdálenost, o kterou se posune pravá polovina dorzální 1/3 bránice při dýchání nosem od vzdálenosti, o kterou se posune při dýchání ústy na M-mode UZ vyšetření?

- H<sub>03</sub>- Posun bránice během klidového dýchání se nebude na M-mode UZ při dýchání nosem statisticky významně lišit od hodnot při dýchání ústy.
- H<sub>13</sub>- Posun bránice během klidového dýchání se bude na M-mode UZ při dýchání nosem statisticky významně lišit od hodnot při dýchání ústy.

### Vědecká otázka 4

Liší se během hlubokého dýchání vzdálenost, o kterou se posune pravá polovina dorzální 1/3 bránice při dýchání nosem od vzdálenosti, o kterou se posune při dýchání ústy na M-mode UZ vyšetření?

- H<sub>04</sub>- Posun bránice během hlubokého dýchání se nebude na M-mode UZ při dýchání nosem statisticky významně lišit od hodnot při dýchání ústy.
- H<sub>14</sub>- Posun bránice během hlubokého dýchání se bude na M-mode UZ při dýchání nosem statisticky významně lišit od hodnot při dýchání ústy.

### 3 METODIKA PRÁCE

#### 3.1 Charakteristika souboru

Měření se zúčastnilo celkem 10 probandů, 9 žen a 1 muž (proband 10). Jednalo se o studentky fyzioterapie a jednoho studenta medicíny. U všech probandů byly odebrány základní anamnestické údaje formou elektronického dotazníku. Zjišťovala se obecná data o vyšetřovaných osobách a dále konkrétní informace týkající se dýchání nosem nebo ústy. Mezi obecná data byl zahrnut věk, pracovní a sportovní anamnéza, pro výpočet body mass indexu (BMI) se zjišťovala výška a váha. Mezi konkrétními informacemi se zjišťoval klidový preferovaný způsob dýchání (nosem/ústy/kombinace), jak častá je přítomnost nosní obstrukce a intenzita zátěže dle Borgovy škály rating of perceived exertion (RPE), na které přejde na dýchání ústy nebo nosem a ústy společně (v případě, že běžně dýchá nosem a sportuje). Charakteristika vyšetřovaného souboru je uvedena v tabulce 1.

	Průměrná hodnota±SD
Věk	21,5±1,0
Váha	63,8±7,4
Výška	170,3±7,3
BMI	21,9±1,5
Sport h/týdně	5,6±3,0
RPE nos → ústa + nos	13,1±2,5

**Tab. 1:** Anamnestické údaje probandů

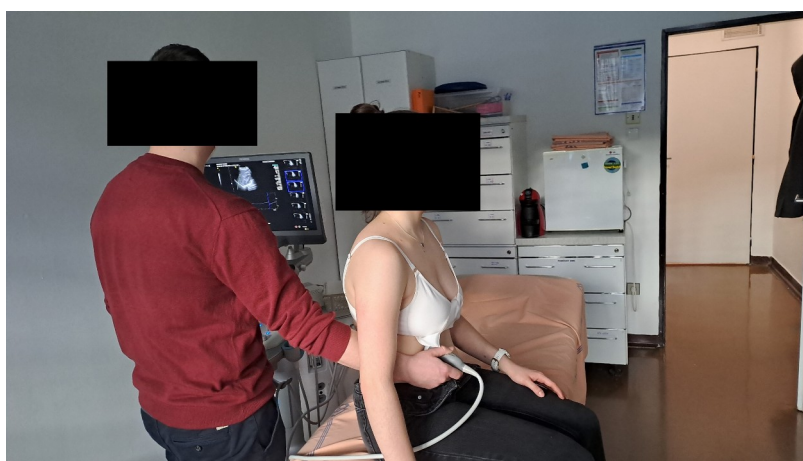
Podmínkou zařazení do studie byla absence nosní obstrukce v den měření. Tuto podmínku splnilo všech 10 probandů. 8 probandů uvedlo, že běžně dýchá nosem, 2 uvedli dýchání nosem a ústy společně. Nosní obstrukci uvedlo 7 probandů 1x - 4x do měsíce, 2 probandi méně než 1x a jeden proband uvedl 3x týdně. Všichni probandi byli sportovně aktivní, u 4 se jednalo dokonce o poloprofesionální úroveň (7 a více hodin sportu týdně). Nejčastěji se jednalo o individuální vytrvalostní sporty (běh, atletika, plavání, jízda na kole).

## 3.2 Protokol měření

Měření probíhalo na vyšetřovnách Kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství FN Motol. Vyšetřované osoby byly předem seznámeny s průběhem vyšetření a podepsaly informovaný souhlas o účasti ve výzkumu, seznámení s postupy jednotlivých vyšetření a následném zpracování a publikování výsledků (Příloha 1). U všech probandů byly odebrány základní anamnestické údaje a bylo provedeno vyšetření pomocí UZ a EMG. Jako první bylo provedeno vyšetření bránice pomocí UZ, poté EMG pomocných nádechových svalů. Probandi chodili na obě vyšetření ve stejném pořadí. Všechna měření probíhala při běžné pokojové teplotě 21,5°C.

### 3.2.1 Vyšetření bránice pomocí UZ

K měření byl použit přístroj ACUSON S2000 Ultrasound System, HELX™ Evolution. Vyšetření probíhalo vsedě, zády k přístroji a osobě provádějící vyšetření. Ta měla ruku s ultrazvukovou sondou pod pravým ramenem vyšetřované osoby. Sed byl přirozený, do preferované polohy sedu se dále nezasahovalo. Nohy se nedotýkaly země z důvodu jednoduššího přiložení ultrazvukové sondy. Vyšetřena byla pravá polovina bránice. Sonda byla přiložena do pravého podžebří mezi přední axilární a medioklavikulární linii tak, aby směřovala kolmo k dorzální třetině bránice, tedy kraniálně, dorzálně a mediálně. Pro zobrazení se využilo rozdílné echogenity tkání okolo bránice; dorzokraniálně od ní plic a ventrokaudálně jater. Pro přenos akustického vlnění ze sondy na tělesné struktury byl použit speciální ultrazvukový gel. (Obrázek 1)

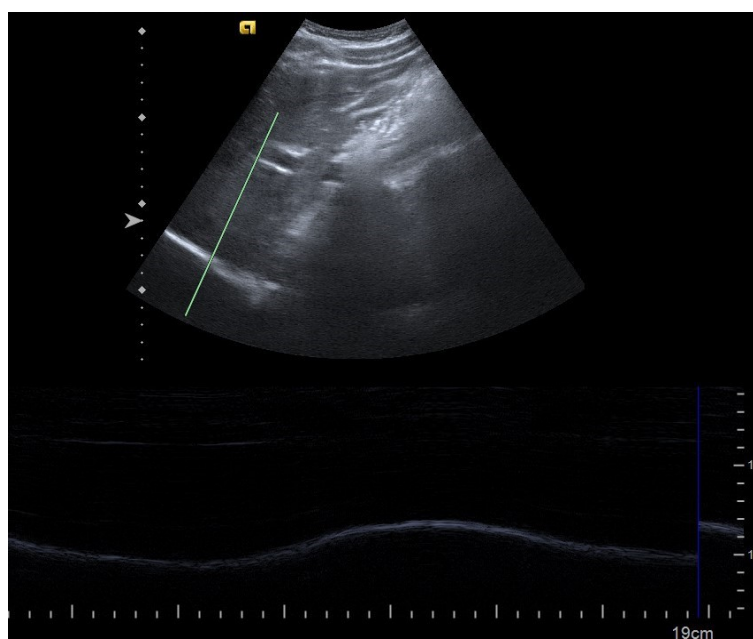


**Obr. 1:** UZ vyšetření bránice

Probandi byli instruováni, aby dýchali nejdříve v klidu přirozeně nosem, poté to stejné ústy. Následně dýchali hluboce nosem a poté hluboce ústy. Jednotlivé typy dýchání byly vyšetřovány výhradně v tomto pořadí. Probandi neměli nos uměle ucpaný

nosní svorkou, důraz byl kladen na přirozený dechový stereotyp, co nejméně ovlivněný vnějšími vlivy. Vyšetření na sebe přímo navazovalo, proband ani vyšetřující neměnili mezi jednotlivými způsoby dýchání polohu.

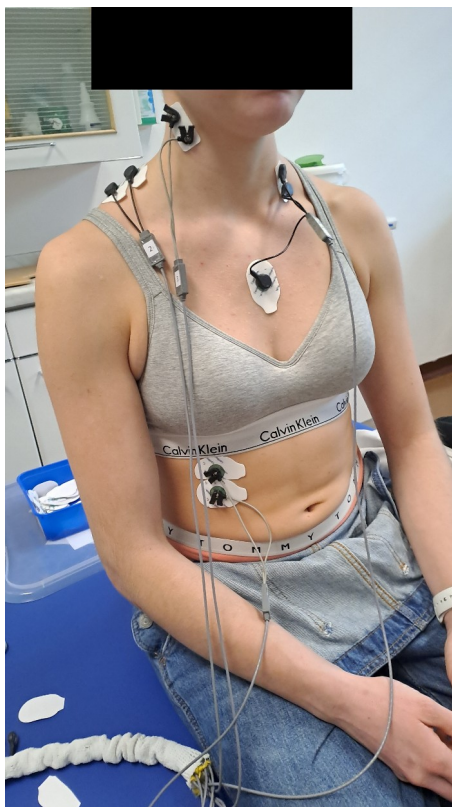
Na UZ přístroji byly využity dva módy. B-mode pro nalezení správné pozice, ve které půjde dobře zaznamenat kranio-kaudální posun bránice. Po nalezení této pozice se se sondou již nehýbalo, aby nedošlo k jejímu pohybu a posunu snímaného obrazu. To by mohlo negativně ovlivnit výpovědní hodnotu výsledků. Následně se v M-modu hledalo místo, kde se bránice rovnoměrně rozvíjí. Tam byla posunuta linie v podobě přímky vycházející ze sondy, lze ji připodobnit k A-mode UZ. Na této linii probíhalo měření. Dorzální 1/3 pravé poloviny bránice se při nádechu pohybovala kaudálně, při výdechu zase kraniálně, čímž se na linii vytvářel 1D obraz. 2D obrazu bylo dosaženo zaznamenáním obrazu z linie v čase. Bylo tak možné přesně sledovat pohyby bránice jako funkci její hloubky (vzhledem k sondě) v čase. Na přístroji byly tedy 2 obrazy, typický obraz jako v B-modu a obraz vycházející z linie zaznamenávající pohyb. Nahrávání pohybu probíhalo v pětivteřinových intervalech, přístroj to neumožňoval déle. Na jednom intervalu šlo zaznamenat 1 až 2 nádechy, dle individuální dechové frekvence probandů. Výsledkem byl snímek s pohybem bránice v čase. Bylo vytvořeno tolik nahrávek, aby měl každý proband zaznamenaných 5-6 nádechů. Pohyb bránice byl změřen na UZ přístroji, od nejvzdálenější pozice od sondy při výdechu po nejbližší pozici při nádechu, v centimetrech. (Obrázek 2)



**Obr. 2:** M-mode UZ zobrazení bránice

### 3.2.2 *Vyšetření pomocí sEMG*

K měření byl použit přístroj Noraxon 1400. K zaznamenání signálu byl použit program MyoResearch XP Master verze 1.08.38. Vyšetření probíhalo vsedě, vyšetřované osoby seděly na lehátku čelem k přístroji. Nohy se nedotýkaly země z důvodu zachování obdobné pozice jako při vyšetření bránice na UZ. Sed byl přirozený, ruce klidově opřené o stehna a více se do preferované pozice sedu nezasahovalo. Elektrody byly aplikovány na m. trapezius pars descendens l.dx., SCM l.dx., mm. scaleni l.sin. a dolní žeberní oblouk do oblastí medioklavikulární linie l.sin. Kůže byla v místě aplikace elektrod očištěna od nečistot za použití alkoholové dezinfekce. Konkrétní místo aplikace elektrod na dané svaly bylo zjištěno palpačním vyšetřením. Pěnové EKG elektrody, částečně ustrížené tak, aby vzdálenost jejich středů byla přibližně 2,5cm, byly použity na m. trapezius pars descendens a dolní žeberní oblouk. Menší, dvojité gelové elektrody byly použity na m. sternocleidomastoideus a mm. scaleni z důvodu jejich menší velikosti. Správné umístění elektrod bylo ověřeno pomocí volní kontrakce vyšetřovaného svalu v pohybu daném jeho biomechanickými dispozicemi při sledování aktivity snímané elektrodami na obrazovce. Pro m. trapezius to byla elevace stejnostranného ramene, pro SCM flexe hlavy v rotaci na opačnou stranu, pro mm. scaleni lateroflexe hlavy v mírné rotaci na opačnou stranu a pro elektrody na dolním žeberním oblouku maximální hluboký nádech do oblastí dolních žeber. Všechny elektrody byly použity jednorázově. K uzemnění byla použita pěnová EKG elektroda, aplikována byla na kraniální část corpus sterni ve vertikální pozici. (Obrázek 3)



**Obr. 3:** Pozice EMG elektrod

Probandi byli instruováni, aby dýchali nejdříve v klidu přirozeně nosem, poté to stejné ústy. Následně dýchali hluboce nosem a poté hluboce ústy, tedy obdobně jako na UZ vyšetření. Jednotlivé typy dýchání byly vyšetřovány výhradně v tomto pořadí. Probandi neměli nos uměle ucpaný nosní svorkou, důraz byl kladen na přirozený dechový stereotyp, co nejméně ovlivněný vnějšími vlivy. Elektrody zůstávaly během všech čtyřech způsobů dýchání stejné. Vyšetřovaná osoba přirozeně dýchala a před nádechem dala znamení k zahájení měření. Následovalo spuštění snímání aktivity svalů. Do dechového stereotypu se kromě čtyř výše zmíněných způsobů dýchání nezasahovalo, probandi dýchali frekvencí a hloubkou tak, jak jim bylo přirozené. Po dokončení pátého dechového cyklu bylo měření ukončeno. Výsledný EMG signál byl v programu uložen pro další zpracování.

### 3.3 Analýza dat

Z charakteru dvou rozdílných typů vyšetření probíhala analýza a zpracování získaných dat odlišným způsobem pro každé z nich. Společné pro obě je způsob vyhodnocování, kdy se porovnávají hodnoty při dýchání nosem a ústy v rámci jednoho probanda. Každý proband bude mít absolutní hodnoty jinak veliké dle svých tělesných



dispozic, proto je pro srovnání mezi probandy vhodné využít relativní hodnoty a ty porovnávat.

### **3.3.1 UZ data**

Analýza a zpracování dat probíhalo v programu LibreOffice Calc verze 24.2. Každý proband měl naměřených 5-6 hodnot v každém ze 4 způsobů dýchání; nosem v klidu, ústy v klidu, nosem hluboce a ústy hluboce. Tímto způsobem byly získány 4 sloupce dat pro každého z probandů. Pro snadnější vizualizaci rozložení naměřených hodnot byly vypočteny konfidence intervaly s nastavitelnou pravděpodobností výskytu dat v nich. Pro jejich zjištění se využilo průměru a směrodatné odchylky. Stanovil se konfidence level, ze kterého se v programu vypočítalo z-skóre. Z toho se již vypočítala chyba odhadu (margin of error), která se přičetla a odečetla k průměrné hodnotě, čímž byl získán konfidence interval ke každému způsobu dýchání. Z průměrů při klidovém dýchání bylo pro každého probanda vypočítáno, o kolik procent se pohyb bránice lišil při dýchání nosem a ústy. Zprůměrováním těchto hodnot bylo zjištěno, o kolik se průměrně pohyb bránice měnil. Hladina významnosti se zjišťovala pomocí oboustranného párového t-testu. Oboustranný byl zvolen z charakteru nulové hypotézy, která neurčuje polaritu rozdílu obou skupin. Není tak jisté, který soubor dat (nos/ústa) bude obsahovat vyšší hodnoty. Párový z důvodu závislosti obou měření prováděných na stejných probandech. Jelikož každý proband dýchal různě, naměřené hodnoty byly převedeny do relativních. T-test byl proveden na hodnotách od všech probandů dohromady pro klidové dýchání (nosem vs. ústy) a hluboké dýchání (nosem vs. ústy).

### **3.3.2 EMG data**

Analýza a zpracování dat z EMG přístroje probíhalo nejdříve v programu MyoResearch verze 3.20.62, pro výpočet statistických parametrů byl využit program LibreOffice Calc verze 24.2. Zaznamenaný surový signál byl dále zpracován. Rektifikací se převedly hodnoty do absolutních čísel, došlo tedy k překlopení záporných čísel do kladných. Dále se použilo vyhlazování (smoothing), odstranění vysokofrekvenčních odchylek signálu. Provedlo se zprůměrováním hodnot v určitém časovém okně na EMG záznamu, pro účely této práce 100 ms pomocí funkce RMS (root mean square), která vypočítá střední kvadratickou hodnotu z daného časového okna a tu použije na záznamu. Čím vyšší je časové okno, tím plynulejší získaná křivka bude. U záznamu na elektrodách z dolního žebního oblouku se navíc využila funkce

redukce EKG, ostatní záznamy nedosahovaly takové míry znečištění signálu artefakty z aktivity srdeční svaloviny, aby bylo třeba funkci redukce použít. Tímto způsobem byl ze surového EMG signálu vytvořil signál zpracovaný.

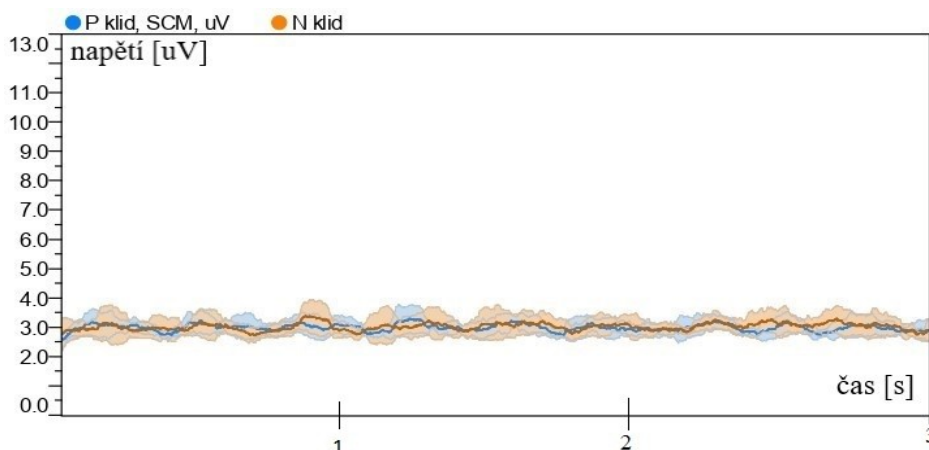
Každý záznam obsahoval 5 nádechů včetně pauz mezi nimi, kdy svaly aktivní nebyly. Pomocí markerů byl označen začátek každého nádechu. Ten byl určen jako vzestup aktivity na jedné ze 4 dvojic elektrod oproti klidovému stavu. Jelikož nahrávání probíhalo simultánně pro všechny 4 dvojice, pozice markeru tak byla určena i pro zbývající 3. Poté se určil časový úsek, po který se bude signál vyhodnocovat od každého markeru. Jako konec byl určen pokles elektrické aktivity zpět ke klidovým hodnotám na poslední ze 4 dvojic elektrod. Interval se zvolil vždy stejný pro 2 porovnávané způsoby dýchání; tedy nosem vs. ústy v klidu a nosem vs. ústy při hlubokém dýchání. Interval trval 2.5–5 vteřin v závislosti na probandovi a jeho frekvenci dýchání. Ne u všech probandů bylo možné odlišit na EMG signálu počátek nádechu. U nich se pro správný odhad intervalů zvolila pozice markerů rozdělením záznamu na 5 stejně dlouhých úseků. U nich nelze samozřejmě sledovat aktivaci svalu, ale pouze monitorovat jeho klidové napětí. Pro vyhodnocení byly jednotlivé intervaly posunuty tak, aby měly společný začátek. Z pěti křivek byla spočtena jedna zprůměrovaná a kolem ní znázorněno rozložení hodnot v rámci jedné směrodatné odchylky. Pro porovnávané způsoby dýchání (vždy dýchání nosem vs. ústy) byly křivky převedeny do společného grafu, aby bylo možné sledovat jejich konkrétní odlišnosti mezi nimi (viz výsledky k vědeckým otázkám 1 a 2). Z každého jednotlivého záznamu byla vypočtena průměrná hodnota napětí v uV a maximální hodnota napětí v uV. V programu LibreOffice Calc probíhalo zpracování dat a porovnávání jednotlivých hodnot. Z každého záznamu byla spočítána dechová frekvence probanda.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Výsledky k vědecké otázce 1

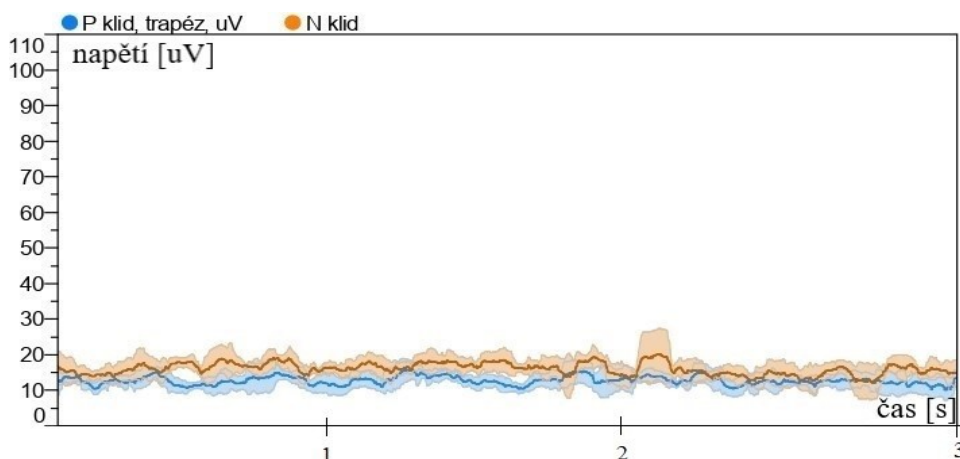
#### Data

U probandů 3,5,6,7,8 nebyla zaznamenána žádná změna aktivity svalů související s nádechem nebo výdechem. Klidová hodnota napětí svalů u těchto probandů zůstávala stejná při dýchání nosem i ústy. Příklad záznamu je uveden v grafu 1, jedná se o probanda 5 a SCM. Záznam je velmi podobný pro všechny svaly u každého z těchto 5 probandů. (P klid je záznam při dýchání ústy, N klid při dýchání nosem, kolem průměrné křivky je zobrazeno rozložení hodnot v rámci 1SD světlejší barvou; pro všechny následující grafy je způsob zobrazení a popis stejný)



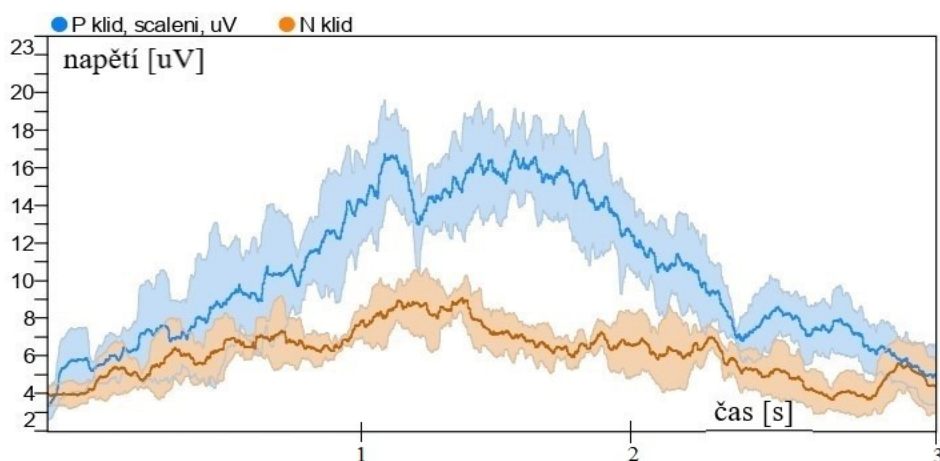
**Graf 1:** Stejná aktivita SCM při klidovém dýchání nosem i ústy, proband 5

U probanda 2 a probanda 10 se lišil jeden sval. Aktivita související se zapojením svalu v jeho dechové funkci zaznamenána nebyla, bylo ale odlišné napětí svalu. U probanda 2 to byl m. trapezius pars descendens, který měl větší průměrné napětí při dýchání nosem ( $16.11 \pm 1.65$  vs.  $12.78 \pm 1.15$  uV). U probanda 10 bylo na SCM naměřeno větší průměrné napětí při dýchání ústy ( $3.86 \pm 0.38$  vs.  $3.47 \pm 0.22$  uV). Příklad záznamu je uveden v grafu 2, jedná se o probanda 2 a m. trapezius pars descendens.



**Graf 2:** Větší napětí m. trapezius při klidovém dýchání nosem oproti dýchání ústy, proband 2

U probanda 4 se lišila aktivita mm. scaleni. Na grafu je možné sledovat jejich zapojení v dechové funkci. Jejich větší průměrné napětí bylo zaznamenáno při dýchání ústy;  $6.13 \pm 1.35$  vs.  $10.38 \pm 3.72$  uV. Maximální hodnota napětí se zvětšila  $9.06$  vs.  $16.96$  uV. Příklad záznamu je uveden v grafu 3.



**Graf 3:** Větší aktivita mm. scaleni při dýchání ústy oproti dýchání nosem, proband 4

U probanda 9 se lišila aktivita mm. scaleni a SCM při klidovém dýchání nosem a ústy. Oba svaly se zapojily v dechové funkci a větší napětí bylo u obou naměřeno při dýchání ústy. Příklad záznamu je obdobný jako na grafu 3, průměrné hodnoty napětí svalů jsou uvedeny v tabulce 2.

Proband 9	Nos $\pm$ SD [uV]	ústa $\pm$ SD [uV]
mm. scaleni	$7.41 \pm 2.31$	$11.06 \pm 3.71$
SCM	$3.26 \pm 0.25$	$3.9 \pm 0.55$

**Tab. 2:** průměrné napětí svalů u probanda 9, klidové dýchání

U probanda 1 se lišila aktivita všech 4 vyšetřovaných svalů. V dechové funkci se nezapojily, rozdílné bylo průměrné napětí. To je uvedeno v tabulce 3. Zobrazení na grafu je obdobné jako na grafu 1.

<b>Proband 1</b>	Nos±SD [uV]	ústa±SD [uV]
mm. scaleni	3.15±0.28	2.52±0.15
m. trapezius pars descendens	3.21±0.27	2.25±0.27
SCM	2.43±0.13	1.76±0.12
mm. intercostales externi	2.74±0.29	2.20±0.21

**Tab. 3:** Průměrné napětí svalů u probanda 1, klidové dýchání

#### Test hypotézy

T-test nebyl nejvhodnější metodou pro testování hypotézy, směrodatná odchylka z programu závisela na rozptřeni hodnot v rámci průměrné křivky na grafu, ne na rozptylu hodnot z 5 měření. Z 10 probandů a 4 různých svalů, tedy 40 možností, se dle porovnání grafů lišilo 9 z nich.

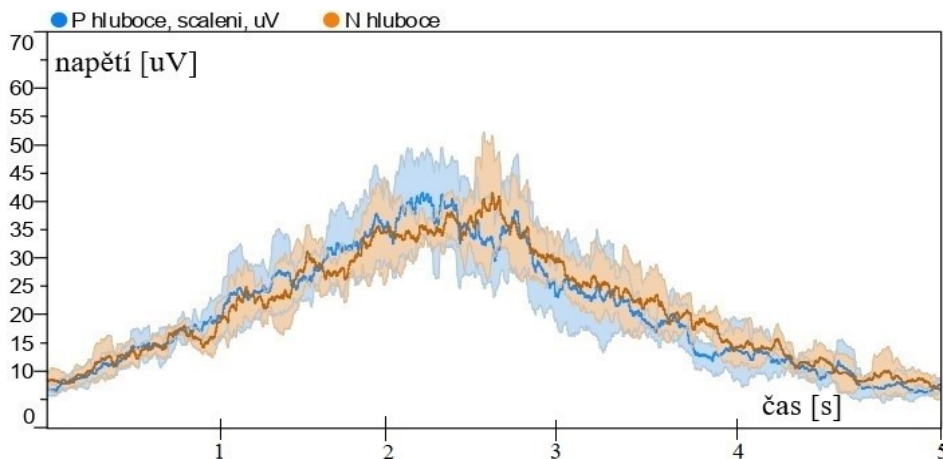
#### Závěr

Na základě naměřených hodnot nelze zamítnout nulovou hypotézu  $H_0$ , nemůžeme se tedy přiklonit k alternativní hypotéze  $H_1$ .

## 4.2 Výsledky k vědecké otázce 2

#### Data

U probandů 1,3,4 a 8 se při hlubokém dýchání nosem a ústy aktivita žádného ze svalů nelišila dle dýchání nosem/ústy. Oproti klidovému dýchání bylo častěji zaznamenáno zapojení svalů v jejich dechové funkci. Příklad záznamu je uveden v grafu 4, jedná se o probanda 4 a mm. scaleni.



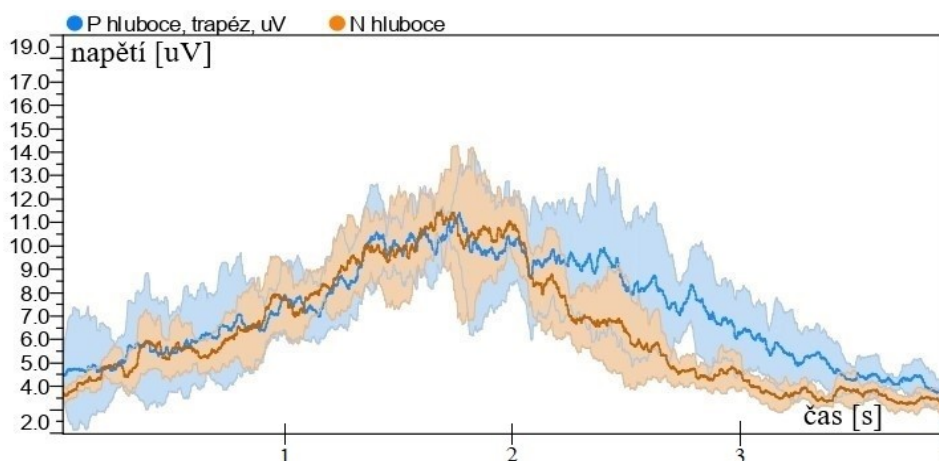
**Graf 4:** Stejná aktivita mm. scaleni při dýchání nosem a ústy, proband 4

U probanda 2 se lišila aktivita mm. scaleni, m. trapezius pars descendens a mm. intercostales externi. U m. trapezius pars descendens nebyla zaznamenána aktivita související s dechovou funkcí svalu, jen se změnilo jeho napětí. U zbylých dvou bylo zapojení do dechové funkce zaznamenáno. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4. Znárodnění je obdobné jako na grafu 2 a 3.

<b>Proband 2</b>	Nos±SD [uV]	ústa±SD [uV]
mm. scaleni	26.60±8.56	16.63±4.95
m. trapezius pars descendens	6.84±1.21	14.08±1.44
SCM	4.65±0.9	3.98±0.57

**Tab. 4:** Průměrné napětí svalů u probanda 2, hluboké dýchání

U probanda 7 se lišila aktivita mm. scaleni, u probanda 9 mm. scaleni, mm. trapezius pars descendens a SCM. Společná pro ně byla větší aktivace při dýchání ústy v druhé polovině grafu. Znárodnění je uvedeno v grafu 5, hodnoty v tabulce 5.



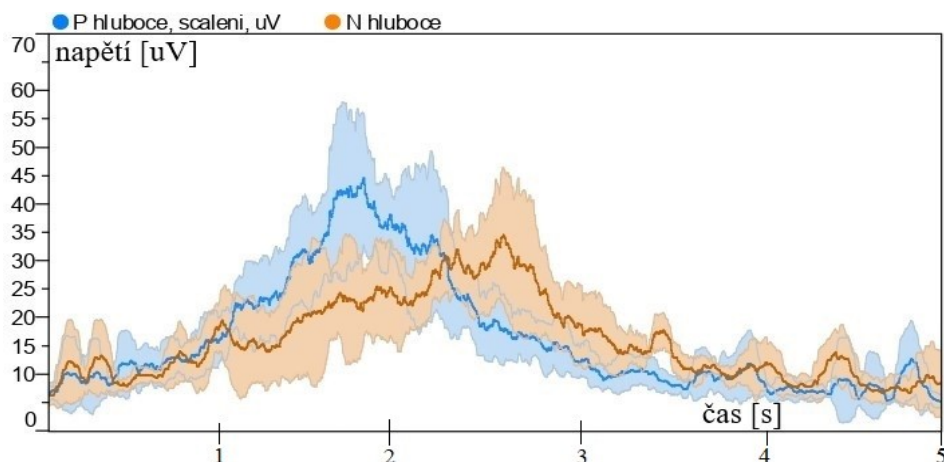
**Graf 5:** Větší aktivita m. trapezius v druhé polovině grafu při dýchání ústy oproti dýchání nosem, hluboké dýchání, proband 9

<b>Proband 7</b>	Nos±SD [uV]	ústa±SD [uV]
mm. scaleni	13.52±5.15	15.70±5.39
<b>Proband 9</b>	Nos±SD [uV]	ústa±SD [uV]
mm. scaleni	24.53±14.42	31.42±12.52
m. trapezius pars descendens	6.38±2.47	7.19±2.1
SCM	6.65±3.4	11.23±5.45

**Tab. 5:** Průměrné napětí svalů u probandů 7 a 9, hluboké dýchání

U probanda 5 se lišily mm. intercostales externi, u probanda 6 a 10 mm. scaleni, SCM a mm. intercostales externi. Při dýchání ústy se více aktivovaly v první polovině grafu, naopak při dýchání nosem byla větší aktivita zaznamenána v druhé polovině

grafu. Průměrná aktivita byla větší při dýchání ústy u 4 z celkových 7 měření, ve 3 případech byla přibližně stejná. Z toho je zřejmé, že průměrná aktivace nemusí být nejlepší výpovědní hodnota. Znárodnění je uvedeno v grafu 6, hodnoty v tabulce 6.



**Graf 6:** Různá aktivita mm. scaleni v čase, proband 10

<b>Proband 5</b>	Nos±SD [uV]	ústa±SD [uV]
mm. intercostales externi	5.35±1.39	5.29±2.3
<b>Proband 6</b>	Nos±SD [uV]	ústa±SD [uV]
mm. scaleni	10.78±3.9	11.25±5.43
SCM	5.27±1.37	6.35±2.51
mm. intercostales externi	11.29±7.96	12.65±10.01
<b>Proband 10</b>	Nos±SD [uV]	ústa±SD [uV]
mm. scaleni	16.05±7.12	16.4±10.23
SCM	5.56±1.85	6.83±4.25
mm. intercostales externi	7.4±3.14	8.42±3.49

**Tab. 6:** Průměrné napětí svalů u probandů 5,6 a 10, hluboké dýchání

#### Test hypotézy

T-test nebyl nejvhodnější metodou pro testování hypotézy, směrodatná odchylka z programu záležela na rozptřeni hodnot v rámci průměrné křivky na grafu, ne na rozptylu hodnot z 5 měření. Z 10 probandů a 4 různých svalů, tedy 40 možností, se dle porovnání grafů lišilo 14 z nich.

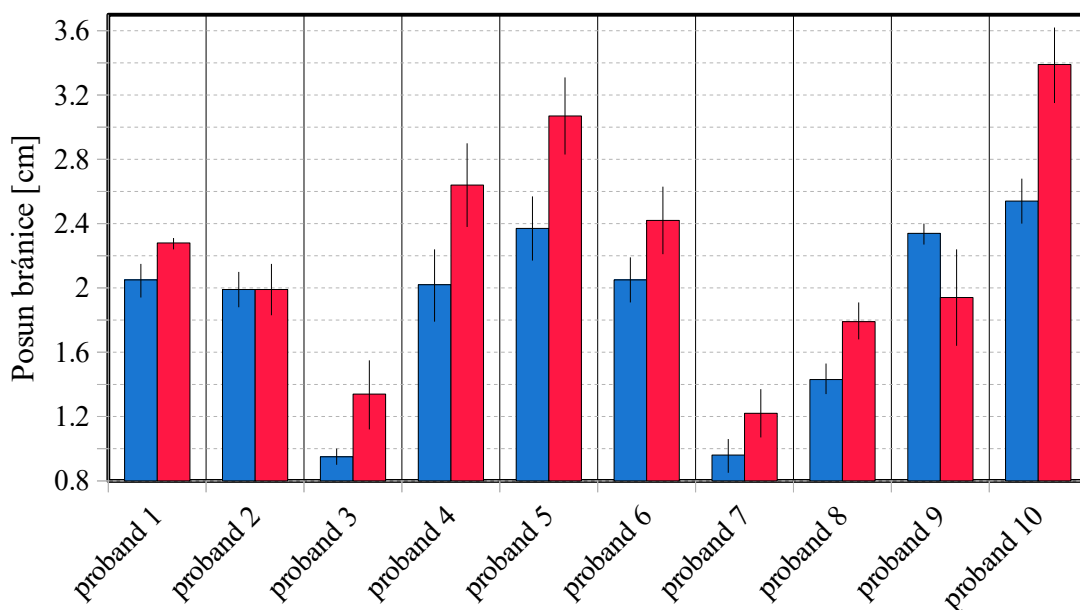
#### Závěr

Na základě naměřených hodnot nelze zamítnout nulovou hypotézu  $H_0$ , nemůžeme se tedy přiklonit k alternativní hypotéze  $H_1$ .

### 4.3 Výsledky k vědecké otázce 3

#### Data

Pro srovnání klidového dýchání nosem a ústy jsou znázorněny konfidence intervaly s 90% pravděpodobností v grafu 7. Modře je ve sloupcích znázorněn průměr pro dýchání nosem, červeně průměr pro dýchání ústy. Černě je zobrazen interval znázorňující rozložení hodnot s 90% pravděpodobností. Vzdálenost od průměru je vždy stejně velká směrem nahoru i dolů. Konfidence intervaly jsou odlišné pro všechny až na probanda 2, kde se významně překrývají. Při pravděpodobnosti výskytu 95% by se lišily konfidence intervaly u 6 probandů, na 99% pravděpodobnosti u 4 probandů. V grafu lze také sledovat trend, kdy byl větší pohyb bránice zaznamenán častěji během dýchání ústy. Výjimkou je proband 2, kde k žádným rozdílům nedocházelo a proband 9, u kterého se bránice více pohybovala při dýchání nosem. U 8 z 10 probandů tak byl zaznamenán větší pohyb bránice při dýchání ústy. Vzdálenost, o kterou se bránice pohybovala, byla při dýchání ústy větší o 20% při porovnání hodnot všech probandů dohromady.



**Graf 7.** 90% konfidence intervaly pro klidové dýchání dle UZ bránice, modře průměr pro dýchání nosem, červeně průměr pro dýchání ústy

#### Test hypotézy

Pro testování hypotézy byl použit t-test, dýchání nosem a ústy bylo při klidovém dýchání odlišné na hladině významnosti  $\alpha=0.0001$ .

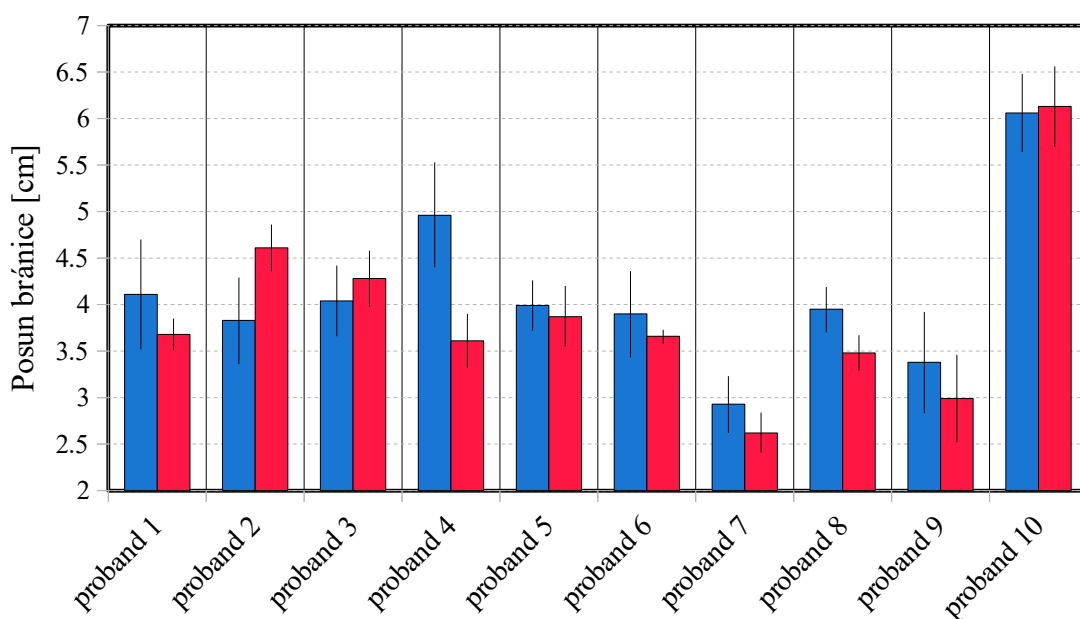


Závěr

Na základě těchto testů byla nulová hypotéza  $H_0$  zamítnuta a můžeme se tak přiklonit k alternativní hypotéze  $H_1$ .

**4.4 Výsledky k vědecké otázce 4**Data

Pro srovnání hlubokého dýchání nosem a ústy na UZ jsou znázorněny 95% konfidence intervaly v grafu 8. Graf je obdobný jako u klidového dýchání, modře je ve sloupci znázorněn průměr hodnot pro dýchání nosem, červeně průměr pro dýchání ústy. Černě je 95% pravděpodobnost výskytu hodnot. První sloupec odpovídá dýchání nosem, druhý dýchání ústy. Intervaly jsou odlišné jen pro probandy 2,4 a 8. Z nich byl u 2 zaznamenán větší pohyb bránice při dýchání nosem, u 1 při dýchání ústy. U ostatních se konfidence intervaly významně překrývají. U 7 probandů byl zaznamenán větší pohyb bránice při dýchání nosem, u 3 při dýchání ústy. Vzhledem k překrývání konfidence intervalů nejsou porovnávané hodnoty v rámci jednotlivých probandů příliš významné.



**Graf 8.** 95% konfidence intervaly pro hluboké dýchání dle UZ bránice, modře průměr pro dýchání nosem, červeně průměr pro dýchání ústy

Testování hypotézy

Pro testování hypotézy byl použit t-test, dýchání nosem a ústy bylo při hlubokém dýchání odlišné na hladině významnosti  $\alpha=0.02$ .

Závěr

Na základě těchto testů byla nulová hypotéza  $H_0$  zamítnuta a můžeme se tak přiklonit k alternativní hypotéze  $H_1$ .

## 5 DISKUZE

### 5.1 Diskuze k teoretické části

V teoretické části práce je vysvětleno, jak dýchání funguje. Rozebrány jsou hlavní mechanismy ovlivňující způsob, jakým člověk dýchá. Velká část je věnována funkci a významu nosní dutiny. Zajímavá informace je o receptorech nacházejících se v ní, kdy průtok vzduchu horními dýchacími cestami působí inhibičně na dýchání [3,28,31]. Konkrétní stimul, který tyto receptory aktivuje není přesně znám. Nejspíše se jedná o reakci na teplotu, nebo vysušování nosní sliznice [3]. Princip, na jakém tyto receptory fungují, také zatím není znám. Další zajímavé zjištění je produkce oxidu dusnatého ve vedlejších nosních dutinách. Má více funkcí hned v nich, funguje ale i jako aerokrinní posel mezi horními a dolními dýchacími cestami [9,10]. Jelikož je to významný vazodilatátor, způsobí vazodilataci cév v plicích a tím poklesne cévní rezistence plic. Zlepšuje se tak i saturace arteriální krve [10]. Zda toto nějak ovlivní dechový stereotyp nebo napětí dýchacích svalů není známo. Důležitým faktorem, který vliv na mechaniku dýchání má, je dynamický odpor dýchacích cest. Jelikož při dýchání nosem musí vzduch projít prostorem s menším průřezem, nelze dosáhnout tak velké ventilace. To se projevuje zejména v zátěži. Při dýchání nosem nelze dosáhnout takové míry ventilace jako při dýchání ústy. Při klidovém dýchání by to mohlo způsobit větší nároky na práci dýchacích svalů, nebo ovlivnit dechový stereotyp.

Při hledání studií, zaměřených na rozdíly v aktivitě dýchacích svalů při dýchání nosem nebo ústy, nebyla nalezena žádná, co by zkoumala stejné svaly stejným způsobem. Limitací studií zaměřených na zkoumání rozdílů v mechanice dýchání při dýchání nosem nebo ústy je malý počet probandů a jejich starší datum publikace. Větší a novější studie s větším počtem probandů nalezeny nebyly. Z dosavadních studií vyplývá, že v závislosti na dýchání nosem a ústy mění svou aktivitu a pozici GG [28,29]. Odlišná aktivita bránice na EMG zaznamenaná nebyla [28], zda se nějak mění její pohyb v závislosti na dýchání nosem nebo ústy zjištěno nebylo. Pozice její aktivitu ovlivní významně [40].

## 5.2 Diskuze k praktické části

### 5.2.1 Diskuze k metodice práce

Soubor probandů, účastnících se výzkumu obsahoval 9 žen a 1 muže. Výsledky proto odpovídají spíše ženskému pohlaví. Celkový počet 10 vyšetřovaných osob je v kontextu ostatních studií na toto téma průměrný, nicméně více probandů by mohlo poskytnout statisticky přesnější výsledky. Anamnestické údaje byly odebrány z důvodu bližší specifikace skupiny a za účelem nalezení parametrů, které skupinu spojují. Na základě anonymního dotazníku je jasné, že se jedná o mladou, sportovní, studující, zdravou populaci. Výsledky lze proto stáhnout jen k této skupině. Zda starší hospitalizovaný, nebo obézní pacient bude na dýchání nosem nebo ústy reagovat jinak, tato práce nezjišťuje. Charakteristika souboru byla získána anonymně, jednotlivé odpovědi tak není možné přiřadit k jednotlivým probandům 1-10.

V každém měření, kterého se probandi účastní se znalostí jeho účelu a průběhu, je možnost ovlivnění získaných hodnot. Při instrukci konkrétního způsobu dýchání (klidově/hluboce a nosem/ústy) je zřejmé, že proband vždy přesně věděl, který z těchto typů dýchání právě provádí. Je otázkou, jak moc může být dýchání v laboratorních podmínkách přirozené. Tato skutečnost se proto musí uvažovat při interpretaci výsledků. Pro zajištění co nejpodobnějších podmínek pro každého probanda bylo zachováno pořadí jednotlivých způsobů dýchání, nejdříve v klidu nosem, poté v klidu ústy, poté hluboce nosem a nakonec hluboce ústy.

Klidové dýchání pochopili všichni probandi nejspíše podobně, instrukce byla dýchat přirozeně a dech ovlivnit pouze dýcháním nosem nebo ústy. U hlubokého dýchání mohla být interpretace různější, někdo mohl dýchat celou vitální kapacitou, někdo mohl více zapojovat bránici, někdo mohl pokyn pochopit jako zvětšení rozvíjení hrudního koše. Lišit se takto mohou výsledky mezi probandy, v rámci probandů by tímto naměřené hodnoty ovlivněny být neměly. V klidovém stavu je však hluboké dýchání nepřirozené, organismus nemá zvýšené nároky na ventilaci. Po několika hlubokých nadechnutích si probandi přivodí stav mírné hypokapnie. Jelikož centrální chemoreceptory jsou senzitivní právě na hodnoty pH, ovlivněné zejména množstvím CO<sub>2</sub>, může být stimul pro dýchání odlišný při prvním a posledním měřeném nádechu. Tímto může být na podvědomé úrovni ovlivněn i způsob dýchání v rámci jednotlivých probandů. Pro dosažení fyziologického stavu dýchání o větší minutové ventilaci by bylo možné využít fyzické zátěže, např. jízdy na bicyklovém ergometru. EMG elektrody by

však snímaly signál i ze svalů pracujících kvůli fyzické aktivitě, buď jako artefakt nebo vlastní aktivita zvýšená kvůli posturálním nárokům. Pohyb bránice za jízdy by byl ovlivněn pohyby probanda vůči vyšetřující osobě. Jinou možností pro zvýšení aktivity nádechových svalů by mohl být inspirační trenažer, který by poskytl stejnou rezistenci pro všechny probandy. Pro změření dechového objemu a případně minutové ventilace by mohl být využit spirometr. Hloubka dýchání by pak mohla být určena např. jako procento z vitální kapacity. Tyto způsoby jsou však náročnější na vybavení a také časově. Jejich využití by mohlo v dané problematice vést k přesnějším a konkrétnějším výsledkům.

Probandi při dýchání ústy neměli na nose svorku, při dýchání nosem byla ústa jen zavřená. Není proto vyloučeno, že mohli způsob dýchání ovlivnit nedostatečným uzavřením úst nebo nosu, i když všichni instrukcím porozuměli.

Při měření aktivity dýchacích svalů na sEMG bylo výhodou měřit na mladých probandech s nízkým BMI, tuková tkáň může naměřené hodnoty elektrické aktivity zkreslovat. Místo bylo pro lepší snímání vyčištěno dezinfekcí, tělesné ochlupení dle doporučení pro měření pomocí sEMG oholeno nebylo, na místech přiložení elektrod však žádný z probandů větší ochlupení neměl. Konkrétní místo aplikace elektrod bylo nalezeno palpací, SCM, mm. scaleni i m. trapezius pars descendens jsou uloženy povrchově, elektrody byly umístěny přímo na ně. Jejich aktivita tomu dle zapojení svalu v jeho funkci odpovídala. Elektrody umístěné na sedmém až osmém mezižebří mezi medioklavikulární a axilární linií měří dle dostupných studií aktivitu bránice [23,24]. Při klidovém dýchání byla však aktivita u všech probandů minimální. Jelikož je bránice hlavní nádechový sval a v klidu většinu nároků na ventilaci pokryje, je nepravděpodobné, že elektrody snímaly její aktivitu. Při hlubokém dýchání již byla nějaká aktivita patrná u 9 z 10 probandů. Nejpravděpodobnější vysvětlení je, že elektrody snímaly aktivitu mm. intercostales externi, ty jsou i uvedeny v práci. Vzorec aktivace odpovídal načasováním ostatním svalům, aktivovaly se tedy při nádechu. Tím se vyloučili mm. intercostales interni. Dále byly blízko elektrodám břišní svaly, u těch ale nebyl očekáván takový vzorec aktivace do nádechu a k elektrodám zasahovaly jen jejich úpony.

K označení počátku každého nádechu byla určena počáteční hodnota prvního svalu, který zvětšil svou aktivitu. Kde to možné nebylo se záznam rozdělil na 5 stejně dlouhých úseků. Zde by šlo pro zpřesnění využít spirometr pro získání přesných údajů o trvání nádechu a výdechu. Takto je možné, že první aktivita svalu neodpovídala

počátku proudění vzduchu do plic a nebylo možné určit, v jaké fázi již začal výdech. Záznam z mm. scaleni byl u některých probandů ovlivněn EKG aktivitou, redukce EKG však nebyla použita kvůli malým hodnotám napětí, po redukci EKG v programu se vymazala i malá aktivita mm. scaleni. Je možné, že na pravé straně dále od srdce by byly EKG artefakty menší.

Při vyšetření EMG i UZ by zpracování dat zjednodušilo naměření více dechových cyklů u každého probanda. 4 – 6 je dostatečný počet pro zpracování hodnot v rámci všech 10 probandů, kdy porovnáváme přibližně 50 dechových cyklů při dýchání nosem nebo ústy. Pro stanovení hladiny významnosti u jednotlivých probandů však počet 4 – 6 dechových cyklů dostatečný není.

### **5.2.2 Diskuze k výsledkům**

#### Vědecká otázka 1

Při měření aktivity svalů pomocí EMG při klidovém dýchání byla jejich aktivita spojená s dýcháním minimální. Aktivace jednotlivých pomocných nádechových svalů záležela na dechovém stereotypu probanda. Kdo měl aktivnější SCM, m. trapezius pars descendens a mm. scaleni dýchal více horním hrudním typem dýchání. Kdo více zapojoval při dýchání bránici, žádnou větší zaznamenanou aktivitu svalů neměl. Frekvence dýchání byla u 4 probandů menší při dýchání ústy, u 3 větší a u 3 přibližně stejná. Nelze tedy na základě tohoto měření potvrdit výsledky studie Douglas et al., kdy naměřili menší frekvenci při dýchání ústy [31]. Z naměřených hodnot vyplývá, že pomocné dýchací svaly se při klidovém dýchání aktivují minimálně. Pro stejný vzor aktivace mm. intercostales externi s ostatními pomocnými nádechovými svaly jsou pro účely této práce řazeny mezi svaly pomocné nádechové.

#### Vědecká otázka 2

Při hlubokém dýchání se aktivita svalů dle očekávání zvětšila, mm. scaleni se zapojili v dechové funkci u všech 10 probandů, mm. intercostales externi u 9. SCM se zapojil u 6 probandů, m. trapezius pars descendens u 4. Z toho je zřejmé, že první dva svaly se aktivovaly častěji, v sedě při hlubokém dýchání se tak na dechové práci podílejí z větší části. Dechová frekvence byla menší při dýchání ústy u 5 probandů, větší u 3, u 2 byla přibližně stejná. Žádný trend v ní tedy pozorován nebyl.

#### Vědecká otázka 3

Při klidovém dýchání byl zaznamenán větší pohyb bránice při dýchání ústy u 8 probandů, u 1 se nelišil a u 1 probanda byl větší pohyb bránice při dýchání nosem.

U probanda 9, u kterého byl zaznamenán větší pohyb bránice při dýchání nosem, jsou hodnoty získané z UZ přístroje při dýchání ústy podivně rozprostřené; první 3 hodnoty  $2.34 \pm 0.17 \text{ cm}$ , druhé 3 byly  $1.54 \pm 0.05 \text{ cm}$ . Je otázkou, zda nedošlo někde k chybě, toto rozprostření dat je v rámci probandů ojedinělé. Také je možné, že to je zkrátka náhodné rozmístění čísel z důvodu variability dýchání probanda. Větší pohyb bránice při dýchání ústy by mohl být způsoben větším dynamickým odporem při dýchání nosem. Bránice při dýchání ústy překonává menší dynamický odpor, proto by její pohyb mohl být větší při stejné aktivitě. Při dýchání nosem by naopak větší dynamický odpor způsobil, že stejná síla kontrakce bránice neumožní tak velký pohyb. Toto vysvětlení by odpovídalo i kontextu studie Basner et al. [28], kdy změnu elektrické aktivity bránice nezaznamenali. Vedle tohoto mechanismu je možné uvažovat ještě vliv receptorů proudění vzduchu v horních dýchacích cestách [3,28,31]. Jelikož mají inhibiční efekt na dýchání, měla by být při dýchání nosem menší aktivita dýchacích svalů. Na EMG tento inhibiční efekt zjištěn nebyl, měření probíhalo ale jen na pomocných nádechových svalech.

#### Vědecká otázka 4

Při hlubokém dýchání byla zaznamenána velká variabilita v pohybu bránice jak mezi probandy, tak v rámci probandů. Z výsledků je patrné, že volní hluboké dýchání je variabilnější než dýchání klidové. I když jednotliví probandi se dle konfidence intervalů lišili pouze 3, při porovnání relativních hodnot celého souboru probandů byla odlišnost zjištěna.

## ZÁVĚR

V teoretické části práce je popsáno, jak dýchání funguje. Vysvětlena je nervová regulace a biomechanika dýchání, jsou uvedeny rozdíly mezi nosní a ústní dutinou, které mohou dechový stereotyp ovlivnit. Jsou zmíněny studie, které vliv dýchání nosem nebo ústy na mechaniku dýchání zkoumaly.

Cílem praktické části je ověření platnosti myšlenek, že způsob dýchání ovlivní aktivitu dýchacích svalů. Výsledky z EMG ukazují, že pomocné nádechové svaly se při klidovém dýchání aktivují dle individuálního dechového stereotypu. Při hlubokém dýchání se proti klidovému častěji zapojily mm. intercostales externi a mm. scaleni než m. trapezius pars descendens a SCM. Souvislost mezi dechovou frekvencí a typem dýchání zjištěna nebyla. Rozdílná elektrická aktivita svalů při dýchání nosem a ústy prokázána také nebyla. Na UZ vyšetření byl prokázán rozdílný pohyb bránice při klidovém dýchání nosem a ústy ( $P < 0.0001$ ). U 8 probandů byl větší pohyb bránice zaznamenán při dýchání ústy. Při započítání všech probandů byl průměrně o 20% větší. Během hlubokého dýchání byl na UZ vyšetření zjištěn rozdíl v pohybu bránice při dýchání nosem nebo ústy ( $P < 0.02$ ), statisticky významně větší pohyb při jednom typu dýchání prokázán nebyl. Vliv dýchání nosem nebo ústy na dechový stereotyp a aktivitu dýchacích svalů vyžaduje další zkoumání, zejména EMG vyšetření bránice a zpřesnění výsledků při použití spirometru.



**REFERENČNÍ SEZNAM**

1. JOHNSON, Douglas C, FLAHERTY, Kevin R, Scott MANAKER a Geraldine FINLAY, ed., 2022. Control of ventilation. *UpToDate* [online]. [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://www-uptodate-com.ezproxy.is.cuni.cz/contents/control-of-ventilation>
2. BRINKMAN, Joshua E., Fadi TORO a Sandeep SHARMA, 2024. Physiology, respiratory drive. *National Library of Medicine* [online]. [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482414/>
3. MCBRIDE, B. a W. A. WHITELAW, 1981. A physiological stimulus to upper airway receptors in humans. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1981-11-01, **51**(5), 1189-1197 [cit. 2024-04-26]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1981.51.5.1189
4. YARTSEV, Alex, 2019. Carbon dioxide and oxygen response curves. *Deranged-physiology* [online]. [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://derangedphysiology.com/main/cicm-primary-exam/required-reading/respiratory-system/Chapter%20136/carbon-dioxide-and-oxygen-response-curves>
5. METE, Aslı a İlknur Hatice AKBUDAK, 2018. Functional Anatomy and Physiology of Airway. *Tracheal Intubation* [online]. InTech, 2018-07-25 [cit. 2024-04-26]. ISBN 978-1-78923-488-6. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.77037
6. SULSENTI, G. a P. PALMA, 1989. The nasal valve area: structure, function, clinical aspects and treatment. Sulsenti's technic for correction of valve deformities. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* [online]. [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2741675/>
7. VASKOVIC, Jana, 2023. Nasal cavity. *Kenhub* [online]. [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/nasal-cavity>
8. KIA'I, Nakisa a Tushar BAJAJ, 2023. Histology, Respiratory Epithelium. *National Library of Medicine* [online]. [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541061/>

9. SIERON, H. L., F. SOMMER, T. K. HOFFMANN, A. S. GROSSI, M. O. SCHEITHAUER, F. STUPP a J. LINDEMANN, 2020. Funktion und Physiologie der Kieferhöhle. *HNO* [online]. **68**(8), 566-572 [cit. 2024-04-26]. ISSN 0017-6192. Dostupné z: doi:10.1007/s00106-020-00869-2
10. JANKOWSKI, R., D.T. NGUYEN, M. POUSSEL, B. CHENUUEL, P. GALLET a C. RUMEAU, 2016. Sinusology. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases* [online]. **133**(4), 263-268 [cit. 2024-04-26]. ISSN 18797296. Dostupné z: doi:10.1016/j.anorl.2016.05.011
11. TANAKA, Y., T. MORIKAWA a Y. HONDA, 1988. An assessment of nasal functions in control of breathing. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1988-10-01, **65**(4), 1520-1524 [cit. 2024-04-26]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1988.65.4.1520
12. PENDOLINO, Alfonso Luca, Bruno SCARPA a Giancarlo OTTAVIANO, 2019. *Relationship Between Nasal Cycle, Nasal Symptoms and Nasal Cytology* [online]. **33**(6), 644-649 [cit. 2024-04-26]. ISSN 1945-8924. Dostupné z: doi:10.1177/1945892419858582
13. EDWARDS, David A. a Kian Fan CHUNG, 2023. Mouth breathing, dry air, and low water permeation promote inflammation, and activate neural pathways, by osmotic stresses acting on airway lining mucus. *QRB Discovery* [online]. **4** [cit. 2024-04-26]. ISSN 2633-2892. Dostupné z: doi:10.1017/qrd.2023.1
14. KAPANDJI, Adalbert Ibrahim a Thierry JUDET, 2019. *The physiology of the joints: Volume 3*. Seventh edition. London: Handspring Publishing, 136-162. ISBN 978-1-912085-60-6.
15. HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK, 2021. *Memorix anatomie*. 5. vydání. Praha: Triton, 124-131. ISBN 978-80-7553-873-4.
16. CAROVAC, Aladin, Fahrudin SMAJLOVIC a Dzelaludin JUNUZOVIC, 2011. Application of Ultrasound in Medicine. *Acta Informatica Medica* [online]. **19**(3) [cit. 2024-04-26]. ISSN 0353-8109. Dostupné z: doi:10.5455/aim.2011.19.168-171

17. BOUSSUGES, Alain, Sarah RIVES, Julie FINANCE a Fabienne BRÉGEON, 2020. Assessment of diaphragmatic function by ultrasonography: Current approach and perspectives. *World Journal of Clinical Cases* [online]. 2020-6-26, 8(12), 2408-2424 [cit. 2024-04-26]. ISSN 2307-8960. Dostupné z: doi:10.12998/wjcc.v8.i12.2408
18. SOILEMEZI, Eleni, Matthew TSAGOURIAS, Michael A. TALIAS, Elpidoforos S. SOTERIADES, Vasilios MAKRAKIS, Epaminondas ZAKYNTHINOS a Dimitrios MATAMIS, 2013. Sonographic assessment of changes in diaphragmatic kinetics induced by inspiratory resistive loading. *Respirology* [online]. 18(3), 468-473 [cit. 2024-04-26]. ISSN 1323-7799. Dostupné z: doi:10.1111/resp.12011
19. BOUSSUGES, Alain, Yoann GOLE a Philippe BLANC, 2009. Diaphragmatic Motion Studied by M-Mode Ultrasonography. *Chest* [online]. 135(2), 391-400 [cit. 2024-04-26]. ISSN 00123692. Dostupné z: doi:10.1378/chest.08-1541
20. LOZANO-GARCÍA, Manuel, Luis ESTRADA a Raimon JANÉ, 2019. Performance Evaluation of Fixed Sample Entropy in Myographic Signals for Inspiratory Muscle Activity Estimation. *Entropy* [online]. 21(2) [cit. 2024-04-26]. ISSN 1099-4300. Dostupné z: doi:10.3390/e21020183
21. GOOCH, Clifton L., Robert HENDERSON a Richard P. GODDEAU, SHEFNER, Jeremy M, ed., 2023. Overview of electromyography. *UpToDate* [online]. [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://www-uptodate-com.ezproxy.is.cuni.cz/contents/overview-of-electromyography>
22. CAI, Mingshu, Elizabeth C. BROWN, Alice HATT, Shaokoon CHENG a Lynne E. BILSTON, 2016. Effect of head and jaw position on respiratory-related motion of the genioglossus. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2016-04-01, 120(7), 758-765 [cit. 2024-04-26]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol.00382.2015
23. DOS REIS, Ivanize Mariana Masselli, Daniela Gonçalves OHARA, Letícia Bergamin JANUÁRIO, Renata Pedrolongo BASSO-VANELLI, Ana Beatriz OLIVEIRA a Mauricio JAMAMI, 2019. Surface electromyography in inspiratory muscles in adults and elderly individuals: A systematic review. *Journal of*

- Electromyography and Kinesiology* [online]. **44**, 139-155 [cit. 2024-04-26]. ISSN 10506411. Dostupné z: doi:10.1016/j.jelekin.2019.01.002
- 24.** DEMOULE, Alexandre, Eric VERIN, Chrystèle LOCHER, Jean-Philippe DERENNE a Thomas SIMIŁOWSKI, 2003. Validation of surface recordings of the diaphragm response to transcranial magnetic stimulation in humans. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2003-02-01, **94**(2), 453-461 [cit. 2024-04-26]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol.00581.2002
- 25.** ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [online]. 2002-08-15, **166**(4), 548-557 [cit. 2024-04-26]. ISSN 1073-449X. Dostupné z: doi:10.1164/rccm.166.4.518
- 26.** CHAMBI-ROCHA, Annel, Ma Eugenia CABRERA-DOMÍNGUEZ a Antonia DOMÍNGUEZ-REYES, 2018. Breathing mode influence on craniofacial development and head posture. *Jornal de Pediatria* [online]. **94**(2), 123-130 [cit. 2024-04-27]. ISSN 00217557. Dostupné z: doi:10.1016/j.jpmed.2017.05.007
- 27.** LAVIE, P., 1987. *Rediscovering the importance of nasal breathing in sleep or shut your mouth and save your sleep* [online]. **101**(6), 558-563 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0022-2151. Dostupné z: doi:10.1017/S0022215100102245
- 28.** BASNER, R. C., P. M. SIMON, R. M. SCHWARTZSTEIN, S. E. WEINBERGER a J. W. WEISS, 1989. Breathing route influences upper airway muscle activity in awake normal adults. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1989-04-01, **66**(4), 1766-1771 [cit. 2024-04-26]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1989.66.4.1766
- 29.** TAKAHASHI, S., T. ONO, Y. ISHIWATA a T. KURODA, 2014. Breathing modes, body positions, and suprahyoid muscle activity. *Journal of Orthodontics* [online]. 2014-12-16, **29**(4), 307-313 [cit. 2024-04-26]. ISSN 1465-3125. Dostupné z: doi:10.1093/ortho/29.4.307
- 30.** BRUINJES, T. D., A. F. VAN OLPHEN, B. HILLEN a W. A. WEIJS, 1996. Electromyography of the human nasal muscles. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* [online]. **253**(8), 464-469 [cit. 2024-04-26]. ISSN 0937-4477. Dostupné z: doi:10.1007/BF00179951

31. DOUGLAS, N. J., D. P. WHITE, J. V. WEIL a C. W. ZWILLICH, 1983. Effect of breathing route on ventilation and ventilatory drive. *Respiration Physiology* [online]. **51**(2), 209-218 [cit. 2024-04-26]. ISSN 00345687. Dostupné z: doi:10.1016/0034-5687(83)90041-5
32. BUKURADZE, A. N. a G. G. ELIAVA, 1985. Effect of nasal respiration on the electrical activity of skeletal musculature. *Fiziol Zh SSSR Im I M Sechenova* [online]. [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3972139/>
33. ONO, Takashi, Yasuo ISHIWATA a Takayuki KURODA, 1998. Inhibition of masseteric electromyographic activity during oral respiration. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* [online]. **113**(5), 518-525 [cit. 2024-04-26]. ISSN 08895406. Dostupné z: doi:10.1016/S0889-5406(98)70263-X
34. MORTON, A. R. a J. D. MACDOUGALL, 1993. Comparison of maximum voluntary ventilation through the mouth and the nose. *Australian journal of science & medicine in sport* [online]. **25**(2), 40-42 [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://www.bisp-surf.de/Record/PU199410070374>
35. MORTON, A. R., K. KING, S. PAPALIA, C. GOODMAN, K. R. TURLEY a J. H. WILMORE, 1995. Comparison of maximal oxygen consumption with oral and nasal breathing. *Australian journal of science & medicine in sport* [online]. **27**(3), 51-55 [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8599744/>
36. M. DALLAM, George, Steve R. MCCLARAN, Daniel G. COX a Carol P. FOUST, 2018. Effect of Nasal Versus Oral Breathing on Vo<sub>2</sub>max and Physiological Economy in Recreational Runners Following an Extended Period Spent Using Nasally Restricted Breathing. *International Journal of Kinesiology and Sports Science* [online]. 2018-05-09, **6**(2), 22-29 [cit. 2024-04-26]. ISSN 2202-946X. Dostupné z: doi:10.7575/aiac.ijkss.v.6n.2p.22
37. LACOMB, Chase O., Richard D. TANDY, Szu Ping LEE, John C. YOUNG a James W. NAVALTA, 2017. Oral versus Nasal Breathing during Moderate to High Intensity Submaximal Aerobic Exercise. *International Journal of Kinesio-*

- 
- logy & Sports Science* [online]. **5**(1) [cit. 2024-04-26]. ISSN 2202-946X. Dostupné z: doi:10.7575/aiac.ijkss.v.5n.1p.8
- 38.** RECINTO, Christine, Theodore EFTHEMEOU, Tony P. BOFFELI a James W. NAVALTA, 2017. Effects of Nasal or Oral Breathing on Anaerobic Power Output and Metabolic Responses. *International Journal of Exercise Science* [online]. **10**(4), 506-514 [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28674596/>
- 39.** LÖRINCZI, František, Marián VANDERKA, Drahomíra LÖRINCZIOVÁ a Mehdi KUSHKESTANI, 2024. Nose vs. mouth breathing– acute effect of different breathing regimens on muscular endurance. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* [online]. **16**(1) [cit. 2024-04-26]. ISSN 2052-1847. Dostupné z: doi:10.1186/s13102-024-00840-6
- 40.** BROWN, Christopher, Shih-Chiao TSING, Katy MITCHELL a Toni RODDEY, 2018. Body Position Affects Ultrasonographic Measurement of Diaphragm Contractility. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal* [online]. **29**(4), 166-172 [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: doi:10.1097/CPT.0000000000000083

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1: UZ vyšetření bránice.....	29
Obr. 2: M-mode UZ zobrazení bránice.....	30
Obr. 3: Pozice EMG elektrod.....	31

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1: Anamnestické údaje probandů.....	28
Tab. 2: průměrné napětí svalů u probanda 9, klidové dýchání.....	36
Tab. 3: Průměrné napětí svalů u probanda 1, klidové dýchání.....	37
Tab. 4: Průměrné napětí svalů u probanda 2, hluboké dýchání.....	38
Tab. 5: Průměrné napětí svalů u probandů 7 a 9, hluboké dýchání.....	38
Tab. 6: Průměrné napětí svalů u probandů 5,6 a 10, hluboké dýchání.....	39



**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1: Stejná aktivita SCM při klidovém dýchání nosem i ústy, proband 5.....	35
Graf 2: Větší napětí m. trapezius při klidovém dýchání nosem oproti dýchání ústy, proband 2.....	36
Graf 3: Větší aktivita mm. scaleni při dýchání ústy oproti dýchání nosem, proband 4...	36
Graf 4: Stejná aktivita mm. scaleni při dýchání nosem a ústy, proband 4.....	37
Graf 5: Větší aktivita m. trapezius v druhé polovině grafu při dýchání ústy oproti dýchání nosem, hluboké dýchání, proband 9.....	38
Graf 6: Různá aktivita mm. scaleni v čase, proband 10.....	39
Graf 7. 90% konfidence intervaly pro klidové dýchání dle UZ bránice, modře průměr pro dýchání nosem, červeně průměr pro dýchání ústy.....	40
Graf 8. 95% konfidence intervaly pro hluboké dýchání dle UZ bránice, modře průměr pro dýchání nosem, červeně průměr pro dýchání ústy.....	41

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Souhlas s účastí ve výzkumu.....	59
--	----

## PŘÍLOHY

### Příloha č. 1: souhlas s účastí ve výzkumu (dokument)

2. Lékařská fakulta  
Univerzita Karlova

#### INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

Tímto vás žádám o souhlas s účastí ve výzkumném projektu na 2.LF UK v rámci bakalářské práce s názvem „Rozdíl v mechanice dýchání při dýchání nosem nebo ústy“.

1. Projekt bude probíhat na klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství FN Motol.
2. Budete se účastnit neinvazivního vyšetření bránice pomocí ultrasonografie a vyšetření dýchacích svalů pomocí povrchové elektromyografie při klidovém dýchání nosem/ústy a maximálním nádechu nosem/ústy.
3. Rizika v průběhu vyšetření jsou zanedbatelná, vyšetření je bezbolestné.
4. Projektu se nemohou účastnit osoby s úplnou obstrukcí horních dýchacích cest.
5. V průběhu vyšetření mohou být pořizovány fotografie, identifikace účastníka bude znemožněna. Fotografie budou publikovány v bakalářské práci.
6. Výsledky budou zpracovávány a publikovány anonymně.
7. V celém průběhu vyšetření je možnost klást otázky a případně od výzkumu odstoupit bez uvedení důvodu.
8. Kontaktní osoba v případě otázek, proseb; Kryštof Průša, email: krystof.prusa@email.cz, tel.:773365302

Jméno a příjmení předkladatele projektu .....Kryštof Průša..... Podpis: .....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí.

V Praze, dne .....

Jméno a příjmení .....

Datum narození .....

Podpis: .....

