

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Katedra fyzioterapie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2012

Bc. Eliška Slawiková

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Katedra fyzioterapie

Tvarové změny v axiálním systému při respiraci

Autor:

Bc. Eliška Slawiková

Vedoucí diplomové práce:

Doc.Ing Monika Šorfová, Ph.D

Odborní konzultanti:

Mgr. Tereza Dolanská

Abstrakt

Název práce:

Tvarové změny v axiálním systému při respiraci

Shape changes in the axial system during respiration

Cíle práce: Hlavním cílem je provést případovou studii dechových parametrů a změn tvaru trupu během daného ventilačního manévru, připravit správnou metodiku výzkumu a provést samostatné měření. Diplomová práce bude rozdělena na dvě části, první bude obsahovat teoretická východiska k danému tématu, ve druhé části pak bude popsán provedený výzkum, kde jsem zjišťovala změnu objemu plic v závislosti na čase, zhodnotila vliv prováděného ventilačního manévru na jednotlivé probandy a prověřila respirační dynamiku u vybraného dechového manévru.

Metoda: V rámci plnění úkolů této práce byly provedeny experimenty s využitím 3D kinematického záznamu pomocí systému Qualisys doplněného spirometrickým měřením. Experimentu se zúčastnili 3 probandi ve věku 20 – 40 let se specifickými společnými rysy.

Každý proband prováděl během měření klidové dýchání, maximální nádech a výdech a ventilační manévr. Měření probíhalo v jednom dni za standardních podmínek, v den měření provedli probandi klidové dýchání, maximální nádech a výdech a ventilační manévr (5 min celkem).

Záznamy dat byly provedeny bezprostředně po ukončení měření.

Výsledek: z výsledků měření vyplývá, že došlo po Kapalabhati ke snížení objemu plic u dvou probandů ze tří. Samotné Kapalabhati nemělo na jednotlivé probandy a jejich změny tvaru trupu žádný vliv.

Klíčová slova: bránice, postura, tvar trupu, pohyblivost páteře, dynamika dýchání, 3D analýza pohybu, spirometr.

Abstract

The name of the work: Shape changes in the axial system during respiration

Goal of the work: the main objective is to perform a case study of brass parameters and changes the shape of the trunk during the ventilation maneuver, prepare the correct methodology of research and to conduct separate measurements. The thesis will be divided into two parts, the first will contain the theoretical background to the subject, in the second part will then be described by the research, where I measured the change in the volume of the lungs in relation to time, assess the impact of implemented ventilation maneuver on the individual probands and examine the respiratory dynamics in selected ventilation maneuver.

Methods: in the framework of the fulfilment of the tasks of this work have been carried out experiments with the use of 3D kinematic record with Qualisys and spirometric measurement. The experiment involved three probands aged 20 to 40 specific common features.

Each of the proband performed during the measurement of quiet breathing, maximum inhalation and exhalation and ventilation maneuver. Measurements were carried out in one day under standard conditions, measurements made on the day of probands quiet breathing, maximum inhalation and exhalation and ventilation maneuver (5 min total). Data records were made immediately after its completion.

Results: from the results of the measurements implies that occurred after lung volume reduction Kapalabhati two obtained from three. For respiratory dynamics of selected ventilation maneuver was used 3D motion analysis, which proved to be correct. Unfortunately, the evaluation of the data from the Qualysisu showed no significant knowledge, has not changed significantly.

Key Words: diaphragm, posture, body shape, mobility of spine, dynamics of breathing, 3D motion analysis, spirometer

Poděkování

Ráda bych poděkovala Doc.Ing. Monice Šorfové, Ph.D za odborné vedení této diplomové práce a především za rady a připomínky, které pro mne byly velice prospěšné a přínosné.

Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Tereze Dolanské za pomoc při provádění experimentu a taktéž za užitečné rady a připomínky.

A v neposlední řadě patří mé díky Doc. PaedDr. Karlu Jelenovi, CSc. za možnost provést experiment v laboratoři BEZ a také Ing. Petru Kubovému, který zajistil veškerou technickou stránku experimentu v laboratoři BEZ.

Prohlášení

Tuto diplomovou práci jsem vypracovala sama pouze s použitím literatury uvedené v seznamu použité literatury.

.....
Bc. Eliška Slawiková

Teoretická část

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení:	Číslo OP:	Datum vypůjčení:	Poznámka:
-------------------	-----------	------------------	-----------

Obsah

1. Úvod	10
2. Teoretická východiska práce.....	11
2.1 Anatomie hrudníku	11
2.2. Svalový systém.....	13
2.1.1 Inspirační svaly	13
2.1.2 Expirační svaly	14
2.1.3 Bránice	17
2.1.4 Funkce bránice.....	18
2.1.5 Funkce bránice a břišních svalů.....	19
2.3 Fyziologie dýchání.....	20
2.3.1 Dechový cyklus.....	22
2.3.2 Dechové parametry	24
2.4 Regulace dýchání.....	26
2.5 Biomechanika dýchání.....	28
2.5.1 Mechanika dýchání	28
2.5.2 Dýchací odpory.....	29
2.6 Stabilizace páteře.....	30
2.7 Kapalabhati.....	33
2.8 Shrnutí dosavadních poznání o Kapalabhati	34
2.9 Spirometrie	37
2.10 3-D analýza pohybu - Qualysis	37
3. Cíle práce a hypotézy	42
4. Metodologie	43
4.1 Plán výzkumu a vymezení práce	43
4.2 Organizace výzkumu	44
4.3 Metody měření.....	45
5. Výsledky	50
5.1 Qualysis.....	50
5.1.1 Hodnocené parametry	50
5.1.2 Vyhodnocení.....	55
5.2 Spirometrie	73
5.2.1 Hodnocené parametry	73

Teoretická část

5.2.2	Výsledky.....	75
6.	Diskuze	82
7.	Závěr	86
8.	Seznam použité literatury	87
9.	Seznam zkratk	92
10.	Přílohy.....	93

Úvodní část

1. Úvod

Dýchání je jedním z nezbytných stereotypů, který nás provází po celou dobu života, od narození až po smrt. Dýchání je neustálý proces, který nemůžeme vědomě řídit, proto si často vůbec neuvědomujeme, jak vlastně dýcháme. Pro mnoho lidí je myšlenka, že je třeba se naučit správně dýchat, naprosto nesmyslná.

V posledních letech dochází postupně ke zhoršení životního prostředí a zvyšování nároků na výkon pracujících lidí. Neustálé přetěžování a touha po větším majetku má za následek řadu negativních účinků jak na fyzickou, tak i psychickou stránku člověka. Vliv stresu a nedostatečná relaxace způsobuje nejen změny dechu, zadržování dechu, bolesti pohybového aparátu, ale také únavu, poruchy myšlení a v neposlední řadě také různé astmatické projevy a další onemocnění respiračního aparátu.

Nezdravé dýchací návyky se často rozvíjí bez našeho vědomí. S pomocí dechových cvičení je možné obnovit normální pohyb břicha a hrudníku a tím zefektivnit nejen dýchání, ale i posturální funkci, která s dýcháním úzce souvisí. Prostřednictvím klinických zkušeností bylo zjištěno, že stabilizační posturální svaly jsou aktivní v průběhu dechové mechaniky.

Přízpusobením se tedy vnějším podmínkám, dlouhodobým sezením a nedostatkem pohybu dochází ke změnám pohybových vzorů a posturální programy tak ztrácí účinnost (Véle, Čumpelík, 1996)

Využití respirace jako léčebného prostředku se využívá např. u respiračních onemocnění, kardiovaskulárních, ale také v rehabilitaci, prevenci a v neposlední řadě u psychicky nemocných pacientů. Z dynamických procesů se využívá dýchání hlavně v józe. Existuje několik studií, které se zabývaly účinky respirace jako možnost léčby pohybového systému, ale jejich závěry dodnes nepřinesly žádné konkrétnější vysvětlení, jak tento mechanismus účinku funguje, což neumožňuje maximální využití ventilačních manévru a respirace v terapii a prevenci onemocnění pohybového aparátu.

Pro tuto diplomovou práci a s tím spojený experiment jsem si vybrala jógový dechový manévr Kapalabhati, který působí nejen na oblast horních dýchacích cest ve smyslu pročištění, ale také zvyšuje koncentrační činnost, odstraňuje únavu a stres, pozitivně působí na astmatiky, celkově zklidňuje organismus a přináší vnitřní klid.

2. Teoretická východiska práce

Kostra hrudníku tvarem, stavbou a spojením jednotlivých kostí vytváří konstrukční předpoklady pro realizaci dýchacích pohybů. Pohyby hrudní páteře ovlivňují dynamiku dýchání; dýchání ovlivňuje dynamiku páteře. Pro klidové fyziologické dýchání je rozhodující komplex svalů hrudní stěny, bránice a břišní stěny, o nichž pojednávají následující kapitoly (Dylevský, 2009).

2.1 Anatomie hrudníku

Kostru hrudníku tvoří, kromě hrudní části páteře, 12 párů žeber a kost hrudní. Prvních 7 párů žeber (Th1 – Th7) je připojeno pomocí chrupavky přímo k hrudní kosti (pravá žebra). Další 3 páry (Th8 – Th10) jsou chrupavkami spojeny s výše uloženými pravými žebry. Tyto 3 páry tvoří tzv. nepravá žebra. Poslední dva páry (Th11 a Th12) zůstávají nespojeny – jde o volná žebra končící mezi svaly břišní stěny.

Tvar hrudníku je ovlivněn především sklonem a zakřivením žeber. Oploštění, boční vyklenutí hrudníku a prominence páteře vzniká až po narození – postupně s napřimováním těla a chůzí. Novorozenec má kuželovitý tvar hrudníku s téměř kruhovým tvarem průřezu. V dospělosti jsou typické dlouhé, *astenické* tvary hrudníku, charakterizované výrazným předozadním oploštěním, svěšenými žebry a úzkými mezižebními prostory. U tohoto typu hrudníku je poměrně značný rozdíl obvodu hrudníku při vdechu a výdechu a poměrně dobrá ventilační výkonnost. Opakem astenického hrudníku je hrudník *soudkovitý*. Charakterizují ho horizontálně probíhající žebra se širokými mezižebními prostory. Hrudník je v trvalém inspiračním postavení a má malou ventilační výkonnost (Dylevský, 2009; www.biomech.ftvs.cuni.cz).

Spojení na hrudníku dle Dylevského (Dylevský, 2009)

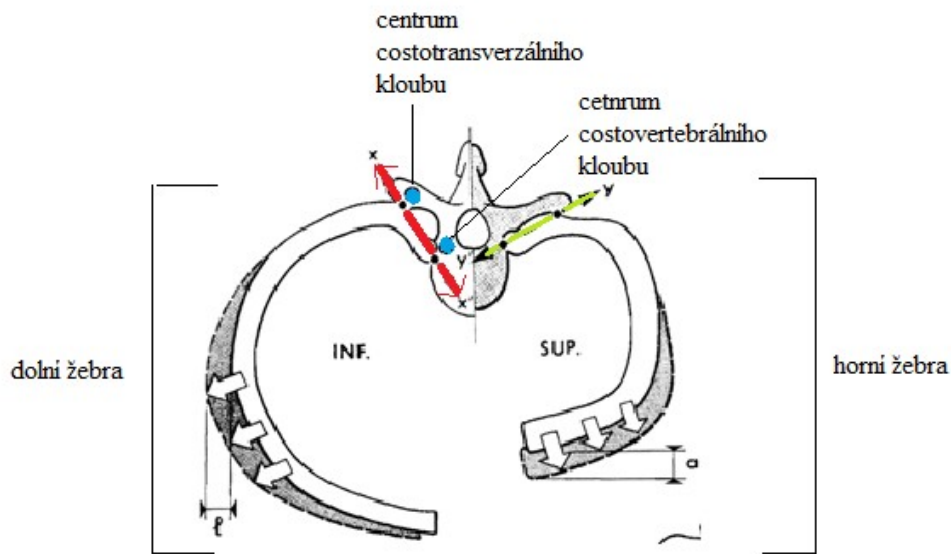
1. Spojení žeber s páteří

- ❖ Artt. costovertebrales – spojení žebních hlaviček s těly hrudních obratlů
- ❖ Artt. costotransversariae – spoje žebních hrbolků s příčnými výběžky

2. Spojení žeber s hrudní kostí

- ❖ Artt. sternocostales – kloubní spoje žebních chrupavek se zářezy na hrudní kosti
- ❖ Artt. interchondrales – připojení nepravých žeber k chrupavkám žeber předchozích

Teoretická část



Obr. 1: Pohyb žeber v costovertebrálním a costotransverzálním skloubení (převzato z Kapandji, 1974)

Společným pohybem žeber v costovertebrálním a costotransverzálním skloubení je rotace okolo osy XX' , která prochází centrem O v costotransverzálním kloubu a centrem O' v costovertebrálním kloubu (Kapandji, 1974.)

Pro dolní žebra leží osa XX' téměř paralelně se sagitální rovinou. Při elevaci žeber se tak zvětšuje průměr hrudníku v transverzální rovině (na obrázku písmeno l). Žebro se z původního šikmého postavení vzhledem k této rovině přibližuje.

Osa rotace YY' pro horní žebra se nachází blíže k frontální rovině, to znamená, že elevací horních žeber při nádechu dochází ke zvětšení průměru hrudníku v anteroposteriorním směru (na obrázku písmeno a) (Kapandji, 1974).

Z toho vyplývá, že elevace žeber zvětší transverzální průměr dolní části hrudníku a anteroposteriorní průměr horní části hrudníku. Ve střední části hrudníku mají costovertebrální klouby osu ležící šikmo pod úhlem 45° k sagitální rovině, proto dojde ke zvětšení obou průměrů hrudního koše (Kapandji, 1974).

2.2. Svalový systém

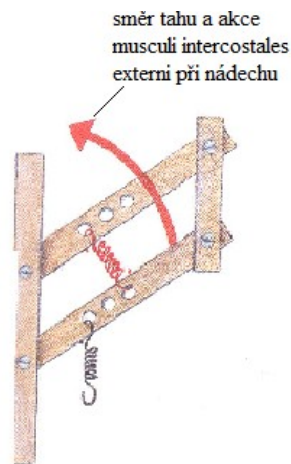
2.1.1 Inspirační svaly

Hlavní inspirační svaly

- ❖ *mm. intercostales externi*
- ❖ *m. levator costae*
- ❖ *bránice*

Mm. intercostales externi

Vyplňují mezižebří, vytvářejí zevní vrstvu mezižebních svalů. Směřují šikmo zezadu shora od kranialnějšího žebra dopředu dolů k žebro následujícímu. V mezižebří začínají při tuberculum costae a vpředu končí na hranici kostěné a chrupavčité části žebra (Čihák, 2001). Aktivitu vnějších mezižebních svalů je snadné pochopit, pokud si představíme směr jejich vláken, který je rovnoběžný s delší uhlopříčkou rovnoběžníku, který tvoří žebra spojené s páteří a hrudní kostí. Kontrakce vnějších mezižebních svalů zvedá žebra a rozšiřuje hrudní koš (Kapandji, 1974).



Obr. 2: Model funkce vnějších mezižebních svalů při nádechu (upraveno z Čihák, 2001)

M. levator costae

Spojuje processus transversus obratle s horní hranou dolního žebra. Jeho činností se při nádechu elevuje žebro (Véle, 1997).

Teoretická část

Pomocné inspirační svaly

- ❖ *mm. scaleni*
- ❖ *mm. suprahyoidei et infrahyoidei*
- ❖ *m. sternocleidomastoideus*
- ❖ *mm. pectorales*
- ❖ *m. serratus anterior*
- ❖ *m. serratus posterior superior*
- ❖ *m. latissimus dorsi*
- ❖ *m. iliocostalis*
- ❖ *m. erector spinae*

M. erector spinae reprezentuje nejmohutnější svalovou hmotu ze všech hlubokých hřbetních svalů. Probíhá od processus mastoideus až ke kosti křížové (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000). Oboustranná akce těchto svalů vzpřimuje trup (Čihák, 2001).

Mm. multifidi jsou součástí m. erector spinae (Čihák, 2001), vyplňují jako krátké svaly prostory mezi příčnými a trnovými výběžky obratlů. Svalové snopce jdou od každého processus transversus vždy k většímu počtu trnových výběžků. Systém mm. multifidi je vytvořen po celé délce páteře, nejvýrazněji však v bederní krajině (Dylevský, 2009).

2.1.2 Expirační svaly

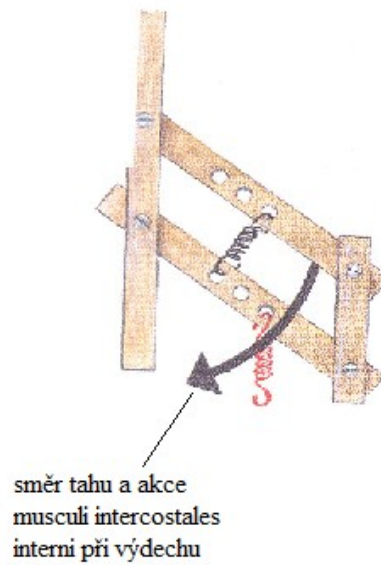
Hlavní expirační svaly

- ❖ *mm. intercostales interni*
- ❖ *m. transversus thoracis*

Mm. intercostales interni

Vytvářejí střední vrstvu mezižeberních svalů, směřují opačně než snopce mm. intercostales externi (Čihák, 2001). Začínají od horního okraje žebra při angulus costae a vystupují šikmo nahoru a vpřed. Upínají se ke kaudálnímu okraji předcházejícího žebra a dosahují až ke sternu (Dylevský, 2009). Synergistou vnitřních mezižeberních svalů jsou mm. intercostales intimi, vytvářejí třetí vrstvu v mezižebří (Čihák, 2001).

Teoretická část



Obr. 3: Model funkce vnějších mezižebních svalů při nádechu (upraveno z Čihák, 2001)

M. transversus thoracis

Je plochý vějířovitý sval, nacházející se na vnitřní ploše hrudníku (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000), odkud se vějířovitě rozbíhá na vnitřní plochy chrupavek 2. – 6. žebra (Čihák, 2001).

Pomocné expirační svaly

- ❖ *m. rectus abdominis*
- ❖ *m. transversus abdominis*
- ❖ *m. obliqui abdominis interni et externi*
- ❖ *m. iliocostalis*
- ❖ *m. erector spinae*
- ❖ *m. serratus posterior inferior*
- ❖ *m. quadratus lumborum*
- ❖ *svaly pánevního dna*

Teoretická část

M. rectus abdominis

Přímý břišní sval je uložený ventrálně při střední čáře trupu jako dlouhý a plochý pás (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000). Snopce m. rectus abdominis jsou v průběhu přerušeny třemi napříč jdoucími pruhy podélných šlachovitých vložek, intersectiones tendineae. Začíná od chrupavek 5. – 7. žebra a od procesus xiphoideus, upíná se na os pubis mezi symfýzou a tuberculum pubicum (Čihák, 2001).

M. obliquus externus abdominis

Vnitřní šikmý sval břišní začíná od hlubokého listu torakolumbální fascie, crista iliaca (Dylevský, 2009; Čihák, 2001; Gray, 1918) a od zevní části (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000) – laterální poloviny (Čihák, 2001) – předních dvou třetin (Gray, 1918) ligamentum inguinale. Upíná se, dle Čiháka a Kapandjiho, na ventrální úseky posledních tří žeber, dle Greye na poslední 3 žebra a chrupavky 7. – 9. žebra. Dále se upíná do linea alba a břišní aponeurózy a na pecten ossis pubis (Čihák, 2001; Gray, 1918; Kapandji, 1974).

M. obliquus externus abdominis

Tento rozsáhlý sval leží na povrchu boční břišní stěny (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000). Začíná od 5. – 12. žebra (Dylevský, 2009; Kapandji, 1974; Gray, 1918), prvních pět zubů se střídá v linii na boční stěně hrudníku se začátky m. serratus anterior a další tři zuby se začátky m. latissimus dorsi (Čihák, 2001). Zadní a kaudální snopce, s počátkem na 9. žebře, se upínají na přední část crista iliaca (Kapandji, 1974; Gray, 1918), ostatní snopce se upínají do břišní aponeurosy (Čihák, 2009).

Svaly pánevního dna

Pánevní dno a bránice spolu těsně souvisejí a společně se podílí na dýchání (Wessels, Oellerich, 2009). Pánevní dno má tvar mělké nálevky, začínající na stěnách malé pánve a sbíhající se kaudálně k průchodu konečníku (Čihák, 2001).

Mezi svaly pánevního dna řadíme m. levator ani a m. coccygeus.

M. levator ani se rozděluje na dvě části:

A) pars pubica (nebo také m. pubococcygeus) - začíná od zadní plochy spony stydké (Čihák, 2001).

B) pars iliaci (nebo také m. iliococcygeus) – jde od os pubis dozadu ke spina ischiadica (Čihák, 2001).

Teoretická část

Obě části se upínají na ligamentum anococcygeum, což je šlacha od zadní strany rekta ke kostrči (Gray, 1918).

M. coccygeus začíná od spina ischiadica a upíná se na boční stranu os sacrum (Koch, Marani, 2007).

2.1.3 Bránice

Bránice je plochý sval, oddělující dutinu hrudní od dutiny břišní. Je utvářený jako dvojitá kopulovitá klenba, vyklenutá vysoko do hrudního koše. Pravá brániční klenba zasahuje až do výše 4. mezižebří, levá do výše 5. mezižebří (Čihák, 2001). Střed bránice tvoří šlašitou klenbu (centrum tendineum), která souvisí s mediastinem (sagitálně orientovaný prostor v hrudní dutině mezi levou a pravou plící (Véle, 1995). Centrum tendineum má trojlaločnatý tvar, k němuž se paprscitě sbíhají svalové snopce, a to pars lumbalis, pars costalis a pars sternalis (Čihák, 2001). Dále jím prochází aorta, jícen, pravý a levý nervus vagus, vena cavae, oesophagus, vena azygos a ductus thoracicus (Čihák, 2001).

Pars lumbalis začíná od páteře mediálními snopci jako crus dextrum et crus sinistrum a laterálními snopci jako ligamentum arcuatum mediale et ligamentum arcuatum laterale (Čihák, 2001).

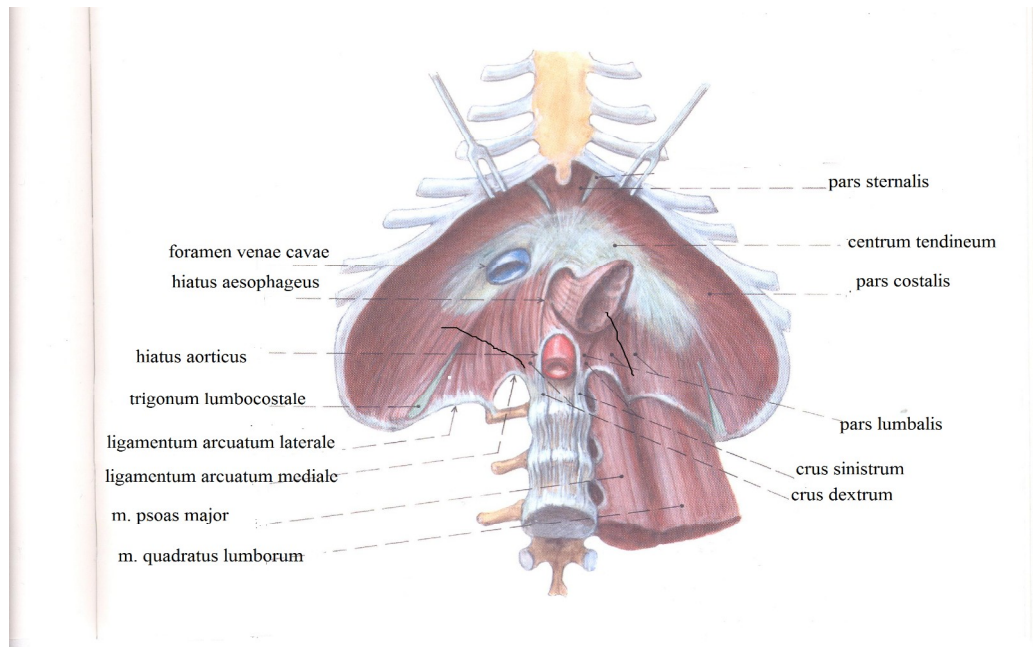
Crus dextrum et sinistrum vytváří od ligamentum arcuatum mediale šlašitý oblouk, jdoucí, dle Čiháka, od těla obratle $L_1 - L_2$ přes m. psoas k hrotu processus costalis L_1 , (Čihák, 2001), Dylevský uvádí začátek od těl obratlů $L_1 - L_3$, vpravo i od L_4 (Dylevský, 2009). Ligamentum arcuatum laterale jde rozpjatě od processus costalis L_1 přes m. quadratus lumborum k 12. žeburu (Čihák, 2001). Oba oblouky (crus dextrum et crus sinistrum) se před páteří kříží a vytvářejí otvor pro aortu, hiatus aorticus (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000), který lemují vazivový pruh ligamentum arcuatum medianum (Čihák, 2001).

Pars costalis je největší část bránice (Coulter, McCall, 2001), začíná od chrupavek 7. – 12. žebra zezadu dopředu (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000). Hranici mezi pars lumbalis a pars costalis tvoří zeslabené políčko, trigonum lumbocostale, vyplněné vazivem (Čihák, 2001).

Pars sternalis je tvořen souborem snopců od zadní strany processus xiphoideus (Williams, Bannister, Berry, Collins, Dyson, Dussek, Ferguson, 1995) a od zadního

Teoretická část

listu pochvy přímých břišních svalů (Dylevský, 2009). Mezi pars sternalis a pars costalis je opět zeslabené místo, trigonum sternocostale, vyplněné vazivem (Čihák, 2001).



Obr. 4: Bránice (upraveno z Čihák, 2001)

Horní část bránice přiléhá k srdci, perikardiu a plicím. Spodní část bránice zasahuje do peritonea, pravá spodní část přiléhá k pravému jaternímu laloku, ledvině a žláze nadledvin, levá pak k levému jaternímu laloku, slezině, levé ledvině a žláze nadledvin (Williams, Bannister, Berry, Collins, Dyson, Dussek, Ferguson, 1995).

2.1.4 Funkce bránice

Funkce bránice je obecně známá především v souvislosti s dýchacími pohyby. Bránice sama svojí funkcí dokáže zvětšit všechny tři průměry hrudníku (frontální, sagitální, transversální), a proto je sama schopna plnit všechny základní funkce při nádechu (Véle, 1997). Díky svému tvaru a uložení se jednotlivé partie bránice mohou aktivovat i izolovaně (Dylevský, 2009), pars sternalis tak má funkční vztah s horní třetinou břišní stěny, pars costalis se střední a pars lumbalis s dolní třetinou břišní stěny (Kesyeghová, Hapčová, 2000). Izolovanou kontrakcí může bránice i měnit tvar jednotlivých sektorů hrudníku (horní, střední, dolní) a břišní stěny.

Teoretická část

Přes určité dominantní postavení je bránice jen jednou součástí funkčního komplexu inspiračních svalů trupu, tvořeného také břišními a pánevními svaly (Dylevský, 2009).

Bránice může mít díky úponu (na páteř v bederní oblasti, na žeberní oblouk a na sternum) vliv na bederní lordózu, pohyb žeber a postavení hrudníku a páteře (Véle, 2006).

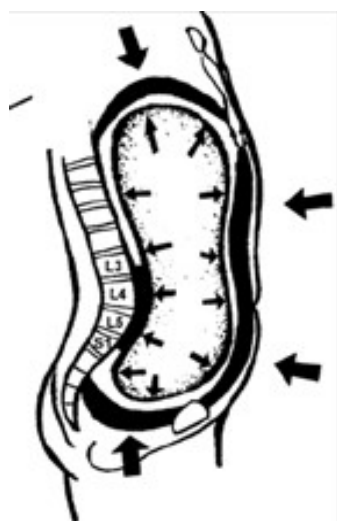
Funkce bránice má také velký význam pro tvorbu nitrobřišního tlaku a s tím související stabilizaci páteře. Její aktivace v posturálním režimu je podmínkou každého pohybu (viz. kapitola Stabilizace páteře) (Kolář, 2006).

Ve své další funkci je bránice úzce spjata s hlubokým stabilizačním systémem bederní páteře, břišní stěnou, pánevním dnem, horní hrudní aperturou a spodinou dutiny ústní (Skalka, 2002).

2.1.5 Funkce bránice a břišních svalů

Břišní svalstvo můžeme označit jako výdechové svaly, které působí zejména při aktivní exspiraci (tj. při odporu v dýchacích cestách) tak, že vytlačují orgány dutiny břišní do brániční klenby a pístovým mechanismem bránice vytlačují vzduch z plic. Nejvíce se uplatňují mm. obliqui a m. transversus (Dylevský, 2009). Dylevský (2009) označuje z tohoto pohledu jejich vztah jako antagonistický. Ve skutečnosti ale pracují tyto svaly ve vzájemné partnerské závislosti, kdy břišní svaly jsou zároveň synergisty bránice, bez nichž by její inspirační funkce byla mnohem méně efektivní. Kapandji tento vztah nazývá jako antagonisticko - synergistický, Véle jej nazývá labilní dynamickou rovnováhou (Véle, 1995; Véle, 1997; Kapandji, 1975).

Používání břišních svalů při dýchání u zdravých lidí bývá často omezeno na horní partie a dolní partie se účastní jen málo, což může mít vliv na vadné držení těla (Véle, 1997).

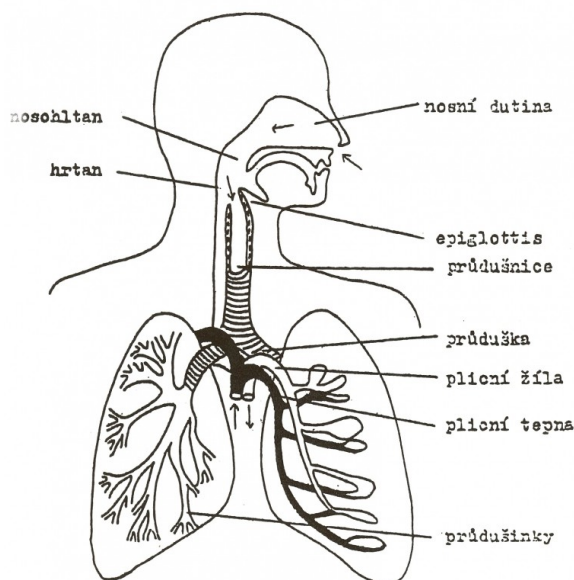


Obr. 5: Svalová souhra mezi autochtonní muskulaturou, bránicí, svaly pánevního dna a břišními svaly za fyziologické situace. (převzato z Kolář, Lewit, 2005)

2.3 Fyziologie dýchání

Dýchací systém zajišťuje příjem kyslíku z atmosféry a výdej oxidu uhličitého do atmosféry. Jedná se o trvalý děj, který začíná již v prenatálním stádiu a končí smrtí jedince (Slavíková, 1992).

Na samotném začátku dýchacích cest je vdechován vzduch dutinou nosní a hodnocen čichovým orgánem. Poté vzduch pokračuje přes nosohltan do hrtanu a průdušnice, která se rozděluje do dvou hlavních bronchů. Levá průduška probíhá téměř v pokračování průdušnice (trachey), pravá odstupuje v tupém úhlu. Jsou opatřeny chrupavčitými a muskuloelastickými elementy představující systém s vyváženou mírou pružnosti a pevnosti. Pružnost umožňuje vdech a pevnost udržuje volný průchod při výdechu. Obě poté vstupují do plic, kde se dále větví a zmenšují svůj průsvit. Větví se na bronchy lalokové, segmentové a respirační, neboli průdušinky. Na konce respiračních bronchů nasedají plicní sklípky neboli alveoly. Tonus hladkých svalů bronchiálního stromu se periodicky mění. Při nádechu se dýchací cesty aktivně i pasivně rozšiřují a prodlužují, při výdechu se zužují a zkracují (Křivánková, Hradová, 2009; Slavíková, 1992; Mourek, 2012).



Obr. 6: Dýchací cesty (převzato z Kislinger, 1994)

Teoretická část

Zdravý člověk dýchá v klidu 12 – 15krát za minutu. Při každém dechu vdechuje a vydechuje přibližně 500 ml vzduchu, což znamená 6 – 8 l/min. Vdechnutý vzduch se mísí s plynem v alveolech a O₂ pak přechází prostou difúzí do krve v plicních kapilárách, zatímco CO₂ opouští krev do alveolů. Tímto způsobem se do těla dostane za minutu 250 ml O₂ a je vyloučeno 200 ml CO₂ (Ganong, 2005).

Pro transport dýchacích plynů jsou důležité tyto mechanismy:

1. Ventilace plic

- ❖ Zajišťuje výměnu vzduchu mezi okolní atmosférou a alveoly
- ❖ Proudění vzduchu v dýchacích cestách ve směru tlakového gradientu
- ❖ Intenzita ventilace závisí především na hloubce jednotlivých dechů (dechových objemů) a na počtu dechů za časovou jednotku (dechové frekvenci)
- ❖ Úroveň ventilace je významně ovlivňována rozdělením vdechovaného vzduchu mezi jednotlivé alveoly (intrapulmonální distribucí) do jednotlivých částí plic
- ❖ Distribuce vzduchu v plicích není ani v klidu a za fyziologických podmínek zcela rovnoměrná, např. ve stoje a v sedu jsou ventilovány dolní oblasti plic 1,3x více než oblasti horní (Trojan, 2003; Slavíková, 1992; www.osu.cz/katedry/ufy/cviceniFTVS.doc)

2. Difuze

- ❖ Výměna plynů mezi alveolárním vzduchem a krví přes alveolo–kapilární membránu
- ❖ Složení alveolárního vzduchu je stabilní, i když vzduch proudí do alveolů jen při nádechu
- ❖ Pro hodnocení difúze je významné vyšetření krevní plynů, tedy stanovení parciálního tlaku kyslíku a oxidu uhličitého (Trojan, 2003; Slavíková, 1992; www.osu.cz/katedry/ufy/cviceniFTVS.doc)

3. Perfuze

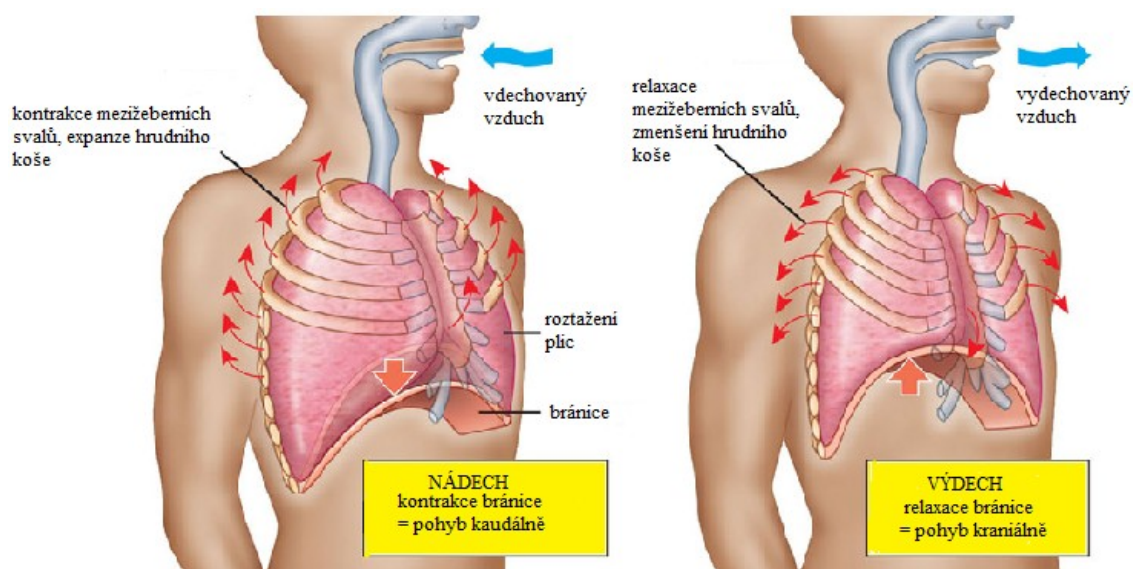
- ❖ Přívod a odvod krve z oblasti alveolů, tj. průtok krve plicním řečištěm, především kapilárami obepínajícími alveoly
- ❖ Intenzita perfuze se mění v souladu s distribucí vzduchu do jednotlivých oblastí plic, ale je rozdílná i během vdechu a výdechu

Teoretická část

- ❖ Perfuzi rovněž ovlivňuje gravitace a poloha těla, akcelerace a decelerace a řada dalších faktorů (Trojan, 2003; Slavíková, 1992; www.osu.cz/katedry/ufy/cviceniFTVS.doc)

2.3.1 Dechový cyklus

Dechový cyklus, základní jednotka dýchání, je složen ze čtyř fází: nádech (inspirace), preexpirační pauza, výdech (expirace) a preinspirace. Tento dechový cyklus se neustále opakuje, cca. 16x za jednu minutu.



Obr. 7: dechový cyklus (převzato z www.whitetigernaturalmedicine.com)

Nádech

Inspirace závisí jak na bránici, tak i na mezižebních svalech. Nejeefektivněji zvětšuje prostor hrudníku bránice, která je zásobena z 3., 4. a 5. krčního segmentu míchy (C3 – C5) (Rokyta, Mareš, 2003). Při kontrakci bránice se šlašité centrum tendineum posouvá dolů a brániční kopule se oplošťuje, takže se zvětšuje vertikální rozměr dutiny hrudní. Bránici lze nazvat při kontrakci jako píst nasávající vzduch.

Při nádechu vzniká tlak na orgány dutiny břišní, které ho přenáší na pánevní dno a břišní stěnu. Důležitá je mírná aktivita břišní stěny, která brání bránici tlačit útroby nejen do malé pánve, ale i dopředu (Véle, 1997).

Intratorakální objem zvyšuje, kromě pohybů bránice, také kontrakce mm. intercostales externi, které jsou zásobovány mezižebními nervy z odpovídajících míšních segmentů (Rokyta, Mareš, 2003). Zevní mezižební svaly lehce zdvihají žebra. Díky tomuto zakřivení žeber se jejich malým pohybem zvětší předozadní a příčný rozměr hrudníku. Poklesem bráničních kleneb a zdvižením žeber se zvýší nitrohrudní

Teoretická část

objem a v pohrudnicových dutinách vznikne podtlak, který způsobí pasivní nasátí vzduchu do plic (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000).

Auxiliární dýchací svaly – m. scalenus, m. sternocleidomastoideus, menší svaly krku a hlavy, také zdvihají žebra a zvětšují intratorakální prostor, ale pro mechaniku dýchání jsou významné pouze při tělesné zátěži nebo dechové nedostatečnosti (Rokyta, Mareš, 2003).

Preinspirace je krátká perioda expirační apnoe před vdechem, trvá 250 msec. Začíná se aktivovat bránice a ke konci tohoto období začíná přechod inhibiční fáze inspirace do fáze facilitační (Véle, 1995).

Výdech

Po dokončení klidového nádechu povolí kontrakce bránice i interkostálních svalů (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000). Klenba bránice se opět vyklenuje a tím vytlačuje vzduch z plic (Véle, 1997). Elasticita plicní tkáně vyvolá nevelký podtlak v pohrudnicové dutině, kterým je bránice pasivně vytažena do původní polohy (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000).

Při výdechu je více patrný antagonistický účinek břišních svalů vůči bránici. Mezi oběma těmito svalovými skupinami je při funkci dynamická aktivní rovnováha, která zabezpečuje plynulou respirační funkci.

Dodatečná aktivace břišních svalů (m. rectus abdominis, m. obliquus internus, m. transversus abdominis) je patrná při tělesné námaze, kašli, zvracení a defekaci. Kontrakce břišních svalů vyvolá vzestup nitrobřišního tlaku a tím pasivní pohyb bránice kraniálně (Rokyta, Mareš, 2003).

Preexpirace je krátká perioda inspirační apnoe před výdechem, trvající zhruba 50 – 100 msec. Mírně přetrvává aktivita bránice a poté přechází zvýšená excitabilita do fáze inhibiční (Véle, 1995).

2.3.2 Dechové parametry

Funkce plic a dýchání bývá nejčastěji hodnocena v klinické diagnostice na základě těchto parametrů:

- ❖ Statické objemy plic
- ❖ Statické kapacity plic (jsou vyjadřovány součtem dvou nebo více „objemů“ (fyzikální veličinou „kapacit“ je samozřejmě rovněž objem a vyjadřují se v objemových jednotkách)
- ❖ Dynamické objemy plic (www.lfp.cuni.cz/fyziologie).

Statické objemy plic:

- ❖ *Dechový objem (V_t)* - objem vzduchu nadechnutý jedním klidným vdechem. Součástí je anatomický mrtvý prostor, což znamená objem vzduchu obsažený v dýchacích cestách až po bronchioly, který se nepřímo podílí na výměně dýchacích plynů a celkový mrtvý prostor, spojení anatomického mrtvého prostoru a patologicky změněných částí plic, které jsou ventilovány, ale ve kterých vážne výměna dýchacích plynů, cca 0,5 l
- ❖ *Rezervní expirační objem (ERV)* – objem vzduchu, který lze vydechnout maximálním úsilím po klidném výdechu, 1,1 l
- ❖ *Rezervní inspirační objem (IRV)* – objem vzduchu, který lze nadechnout maximálním úsilím po klidném nádechu, max. 3 l
- ❖ *Reziduální objem (RV)* – objem vzduchu, který zůstane v plicích po maximálním výdechu, cca. 1,2 l. Hodnoty reziduálního objemu jsou důležité pro zhodnocení plicních funkcí a často se měří při standartních vyšetřeních (Trojan, 2003).

Statické plicní kapacity

- ❖ *Vitální kapacita (VC)* – množství vzduchu vydechnutého s maximálním úsilím po maximálním nádechu. Je to součet dechového, inspiračního a expiračního rezervního objemu ($VC = V_T + IRV + ERV$).
- ❖ *Celková plicní kapacita (TLC)* - - objem vzduchu, který je v plicích po maximálním nádechu ($TLC = VC + RV = IRV + V_T + ERV + RV$). Je to součet vitální kapacity a reziduálního objemu.
- ❖ *Funkční reziduální kapacita (FRC)* – množství vzduchu, které zůstane v plicích po klidném výdechu ($FRC = ERV + RV$) (Trojan, 2003).

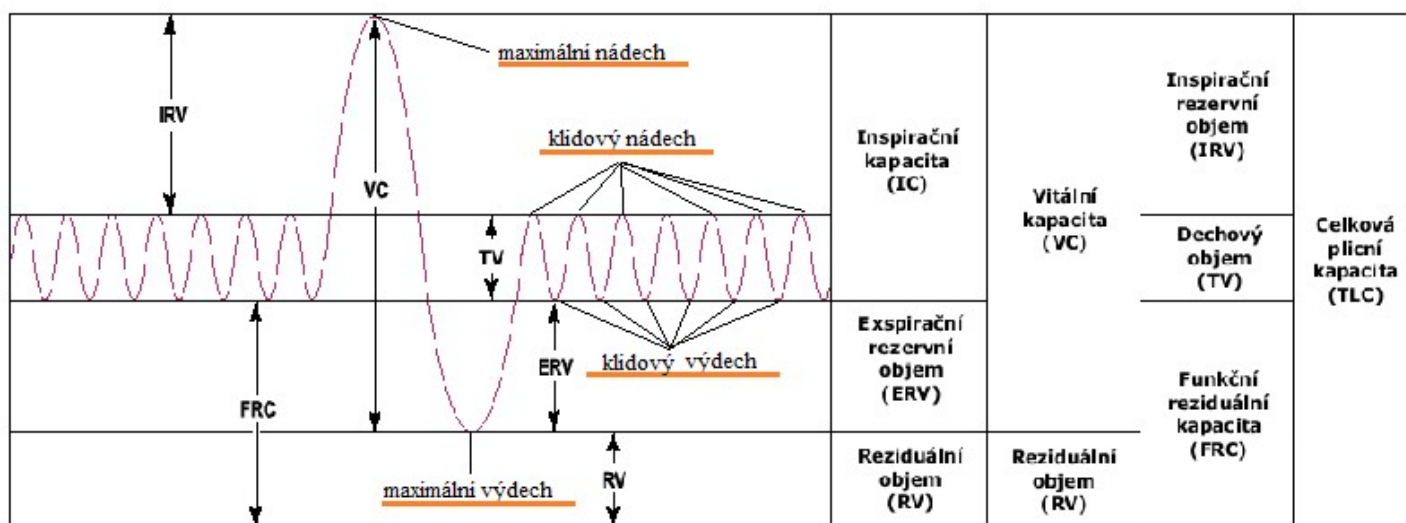
Teoretická část

Dynamické plicní objemy

Pro výměnu plynů mezi organismem a okolím nejsou důležité pouze statické objemy, ale také objemy vzduchu, kterými jsou plíce ventilovány za časovou jednotku.

- ❖ *Minutová ventilace plic* (V_E) – množství vzduchu vydechnuté z plic během 1 minuty klidného dýchání ($V_E = V_T * f$). Minutová ventilace v klidu je asi 8 l/min.
- ❖ *Maximální minutová ventilace ventilace* (MMV) - maximální množství vzduchu vydechnuté z plic během 1 minuty usilovného dýchání. Normální hodnota MMV je asi 125 – 170 l/min
- ❖ *Jednovteřinová vitální kapacita* (FEV_1) – maximální množství vzduchu vydechnuté za 1 vteřinu.

Naměřené parametry jsou zaznamenány do tzv. spirometrické křivky neboli spirogramu, který v souřadnicovém systému vyjadřuje závislost změny objemu v čase (www.lfp.cuni.cz/fyziologie).



Obr. 8: spirometrické parametry (převzato z www.wikiskripta.eu)

2.4 Regulace dýchání

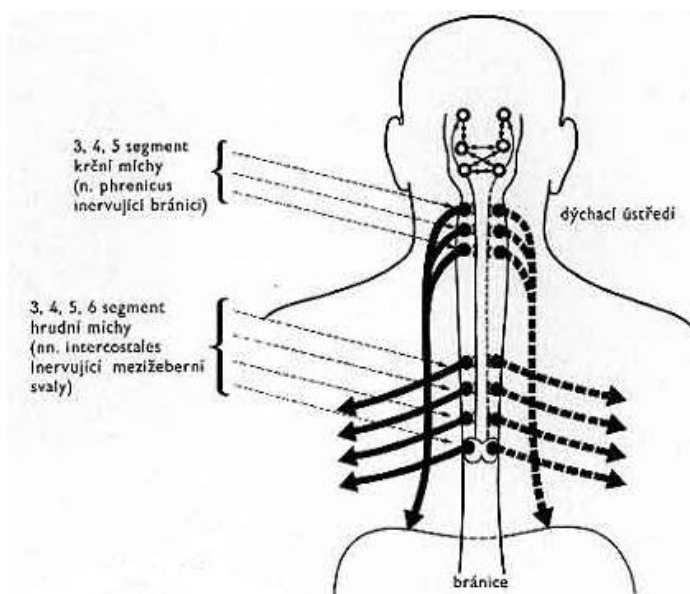
Dýchání je řízeno a regulováno složitým systémem zpětnovazebných mechanismů. Dýchací cyklus je řízen z dýchacího centra v prodloužené míše. Toto dechové centrum má inspirační a expirační oddíl (Dylevský, 2009).

Cílem regulace dýchání je zajištění parametrů respirace v souladu s požadavky homeostázy (stálost vnitřního prostředí), a to rychle a za všech okolností (Kittnar a kol., 2011).

Na řízení dýchání se podílejí dva regulační systémy – nervový a chemický.

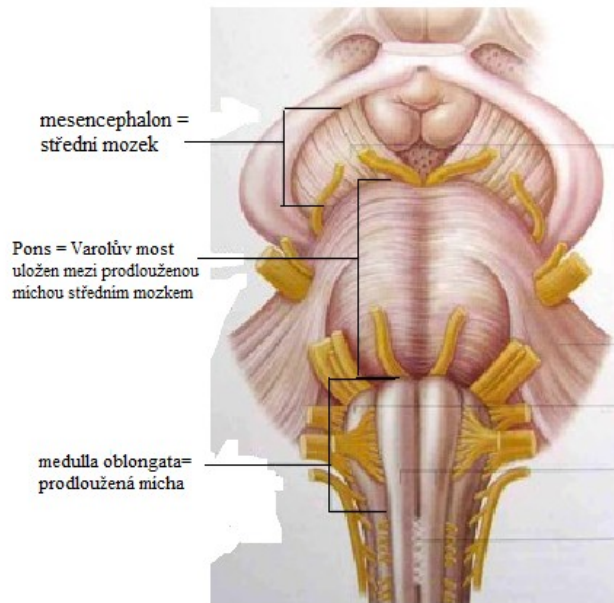
Nervové řízení

Skupiny neuronů, zodpovědné za spontánní rytmické dýchání, jsou uloženy v retikulární formaci mozkového kmene. Jejich nervové výběžky končí na motoneuronech v předních rožích míšních. Z oblasti C3 – C5 vychází n. phrenicus, inervující bránici a z oblasti Th1 – Th7 jsou inervovány zevní mezižební svaly. Činnost neuronů dechového centra je ovlivňována skupinami neuronů v prodloužené míše a mostu (pont Varoli). Činnost neuronů dechového centra se mění podle informací z mechanoreceptorů, které reagují na změnu napětí v dýchacích cestách a plicích. Zvětšením objemu plic se inhibují inspirační neurony a tím je zahájena expirace. Při poklesu objemu plic se naopak zvyšuje aktivita inspiračních neuronů. (Langmeier, 2009).



Obr. 9: Nervové řízení dýchání (Kislinger, 1994)

Teoretická část



Obr. 10: Respirační centrum v oblasti Varolova most (převzato z www.perutyn.wbs.cz)

Chemické řízení

Chemická regulace dýchání závisí především na koncentraci kyslíku (O_2), oxidu uhličitého (CO_2) a vodíkových iontů (H^+). Na tomto druhu regulace se podílejí dva druhy chemoreceptorů, a to centrální a periferní.

Centrální chemoreceptory

Jsou uloženy bilaterálně 0,2 mm pod ventrálním povrchem prodloužené míchy. Vzestup koncentrací CO_2 a H^+ stimuluje převážně přímo nervové buňky v mozkovém kmeni (Trojan, 2003; Ganong, 2005).

Periferní chemoreceptory

Periferní chemoreceptory představují karotická a aortální tělíska, která se nazývají též glomy. Oba typy tělísek reagují především na koncentraci O_2 . Vně tělísek jsou myelinizovaná vlákna, jejichž vedení je poměrně pomalé. K nárůstu impulzů dochází při snížení parciálního tlaku kyslíku (PO_2) nebo zvýšení parciálního tlaku oxidu uhličitého (PCO_2). Průtok krve karotickým tělískem (které váží asi 2 mg) je zhruba 2000 ml/100 g/min, což je poměrně velké množství ve srovnání například s ledvinou, kterou proteče 420 ml/100 g/min (Hall, 2011; Ganong, 2005).

2.5 Biomechanika dýchání

Dýchání neboli respirace je s činností oběhového a nervového systému jednou ze tří základních vitálních funkcí organismu. Je to rytmický a periodický proces vdechování (inspirace) a vydechování (expirace) vzduchu z dýchacích cest a z plic (Navrátil, Rosina, 2005).

Termín respirace zahrnuje dva procesy: *zevní respiraci*, mechanismus, kterým celý organismus přijímá O_2 a vylučuje CO_2 a *vnitřní respiraci*, kterou se myslí využití kyslíku a produkce CO_2 v tkáních a výměna těchto plynů mezi buňkami a okolní tekutinou (www.osu.cz/katedry/ufy/cviceniFTVS/DYCHANI_FTVS.doc).

Zevní dýchání

- ❖ Plicní ventilace – pravidelná výměna vzduchu v plicích v průběhu vdechu a výdechu, která je zabezpečena kontrakcí dýchacích svalů
- ❖ Distribuce – promíchání inspirovaného vzduchu se vzduchem, který zůstal v dýchacích cestách a v plicích po předchozím výdechu
- ❖ Difúze – přestup O_2 a CO_2 ve směru tlakového gradientu přes alveolární membránu
- ❖ Perfúze – trvalá cirkulace krve plicním řečištěm, která se podílí na udržování tlakového gradientu pro O_2 a CO_2 (Navrátil, Rosina, 2005)

Vnitřní dýchání

- ❖ Difúze O_2 a CO_2 mezi krví a tkáněmi ve směru gradientu parciálních tlaků (Navrátil, Rosina, 2005)

2.5.1 Mechanika dýchání

Podmínkou proudění vzduchu v dýchacích cestách je tlakový rozdíl mezi atmosférou a alveoly.

Při nádechu se aktivují nádechové svaly a tím se zvětší objem hrudníku. Dochází k poklesu interpleurálního tlaku z počáteční klidové hodnoty $-2,5$ mmHg až na -6 mmHg, stoupá tlak v dýchacích cestách a dojde k proudění vzduchu do plic (tlakový spád směřuje do plic).

Teoretická část

Při výdechu se tlak v plicích díky retrakci a sníženému objemu hrudníku zvýší nad tlak atmosférický a vzduch proudí z plic (tlakový spád směřuje z plic).

Důležitým faktorem je produkce surfaktantu, jehož deficit vede ke kolapsu alveolů a poruchám dýchání (Ganong, 2005; Navrátil, Rosina, 2005, www.wikiskripta.eu)

2.5.2 Dýchací odpory

Dýchání je spojeno s překonáváním 3 druhů odporů:

1. Elastický odpor plic a hrudníku

❖ = poddajnost (**compliance**), velikost objemové změny plic v závislosti na změně tlaku

❖ $\frac{\Delta V}{\Delta p}$ ← změna objemu (v l) $C = \frac{\Delta V}{\Delta p}$
 ← změna tlaku (v kPa)

❖ Při ztrátě pružnosti je nutné vyvinutí větší síly k dosažení žádaného objemu.

2. Neelastický odpor tkání

3. Proudový odpor dýchacích cest

❖ Je přímo úměrný tlakovému gradientu (tlak atmosférický – tlak intraalveolární) a nepřímo úměrný proudu vzduchu (ml/min).

❖ Proti vzdušnému proudu - proudění laminární, turbulentní a přechodné

Dýchací svaly tedy vykonávají v inspiriu dechovou práci, která má tři složky: práce nutná k překonání retrakční síly plic, překonání odporu plicní tkáně a překonání proudového odporu, který kladou dýchací cesty proudu. (Trojan, 2003; Navrátil, Rosina, 2005; Slavíková, 2002).

2.6 Stabilizace páteře

Posturální stabilizaci chápeme jako aktivní držení segmentů těla proti působení gravitačních sil řízené centrální nervovou soustavou. Není však synonymem pro bipedální postoj, protože působí nejen proti gravitaci, ale je součástí všech pohybů (Máček, Radvanský, 2011). Jde o svalovou aktivitu zpěvňující segmenty (aktivní držení segmentů) těla proti působení zevních sil (hlavně tíhové síly). Zpevnění segmentů umožňuje dosažení vzpřímeného držení a lokomoci těla jako celku. Bez koordinované svalové aktivity by se naše kostra zhroutila = posturální stabilizace (Kolář, 2009).

Páteř, pánev a hrudník vytvářejí pomocí stabilizační funkce svalů pevný bod, rám pro funkci svalů s vlivem na končetiny (Máček, Radvanský, 2011).

Pro rovnováhu vnitřních sil v oblasti krční a horní hrudní páteře má význam souhra mezi hlubokými extenzory (m. semispinalis cervicis et capitis, m. longissimus capitis, m. splenius capitis et cervicis at capitis) a ventrálními svaly (m. longus coli et capitis) (Máček, Radvanský, 2011).

Při stabilizaci páteře hraje zásadní roli souhra mezi hlubokými svaly a svaly dlouhými povrchovými (Kolář, Lewit, 2005). Stabilizaci páteře a trupu zajišťují především hluboké extenzory bederní (Kolář, 2009) a svaly dolní hrudní páteře (Máček, Radvanský, 2011) v souhře se svaly, podílející se na flekční synergii - hluboké flexory krku, bránice, svaly pánevního dna a břišní svaly (Kolář, 2009), která stabilizují páteř z přední strany prostřednictvím nitrobřišního tlaku (Kolář, 2006). V této souvislosti hovoříme o hlubokém stabilizačním systému páteře (Kolář, Lewit, 2005).

Při zapojení stabilizačních svalů sledujeme aktivační „timing“, neboli posloupnost jejich zapojení (Kolář, 2009). Aktivace břišních svalů nesmí předbíhat kontrakci bránice. Za fyziologické situace se jejich aktivace zvyšuje až po oploštění bránice (Kolář, 2006). Při předčasné stabilizační aktivaci břišních svalů nedojde k oploštění bránice, což vede ke zvýšené aktivaci paravertebrálních svalů (Kolář, 2006).

Významná je také vyváženost, respektive nevyváženost aktivace břišních svalů. Při poruše stabilizace jsou horní porce m. rectus abdominis a m. obliquus abdominis externus nadměrně aktivovány, a naopak dochází k insuficienci m. transversus abdominis a m. obliquus abdominis internus (Máček, Radvanský, 2011).

Hluboký stabilizační systém páteře

HSSP představuje svalovou souhru, která zabezpečuje stabilizaci, neboli zpevnění páteře během všech pohybů (Kolář, Šafářová 2006), je klíčová pro zajištění tzv. posturální baze pohybu a je výrazně provázána s funkcí dechovou (www.bodybuilding.cz).

Stabilizační systém páteře je tvořen třemi subsystemy. Pasivním (obratle, obratlové disky, ligamenta), aktivním (svaly s přímým vlivem na páteř) a neurálním subsystemem prostřednictvím aference z receptorů (Suchomel, 2006).

Svaly HSSP jsou aktivovány i při jakémkoliv statickém zatížení, tj. stojí, sedu apod. Doprovází každý cílený pohyb horních resp. dolních končetin. Na stabilizaci se nikdy nepodílí jeden sval, ale celý svalový řetězec, (Kolář, Šafářová, 2006) Suchomel hovoří o funkční stabilizační jednotce v určitém regionu (Suchomel, 2006).

Hluboký stabilizační systém je tvořen lokálními stabilizátory páteře (krčního, hrudního a bederního úseku) a funkční stabilizační jednotkou bederní páteře (bránicí, pánevním dnem, m. transversus abdominis, mm. multifidi, kostovertebrálními a iliovertebrálními vlákny m. quadratus lumborum) (Suchomel, 2006).

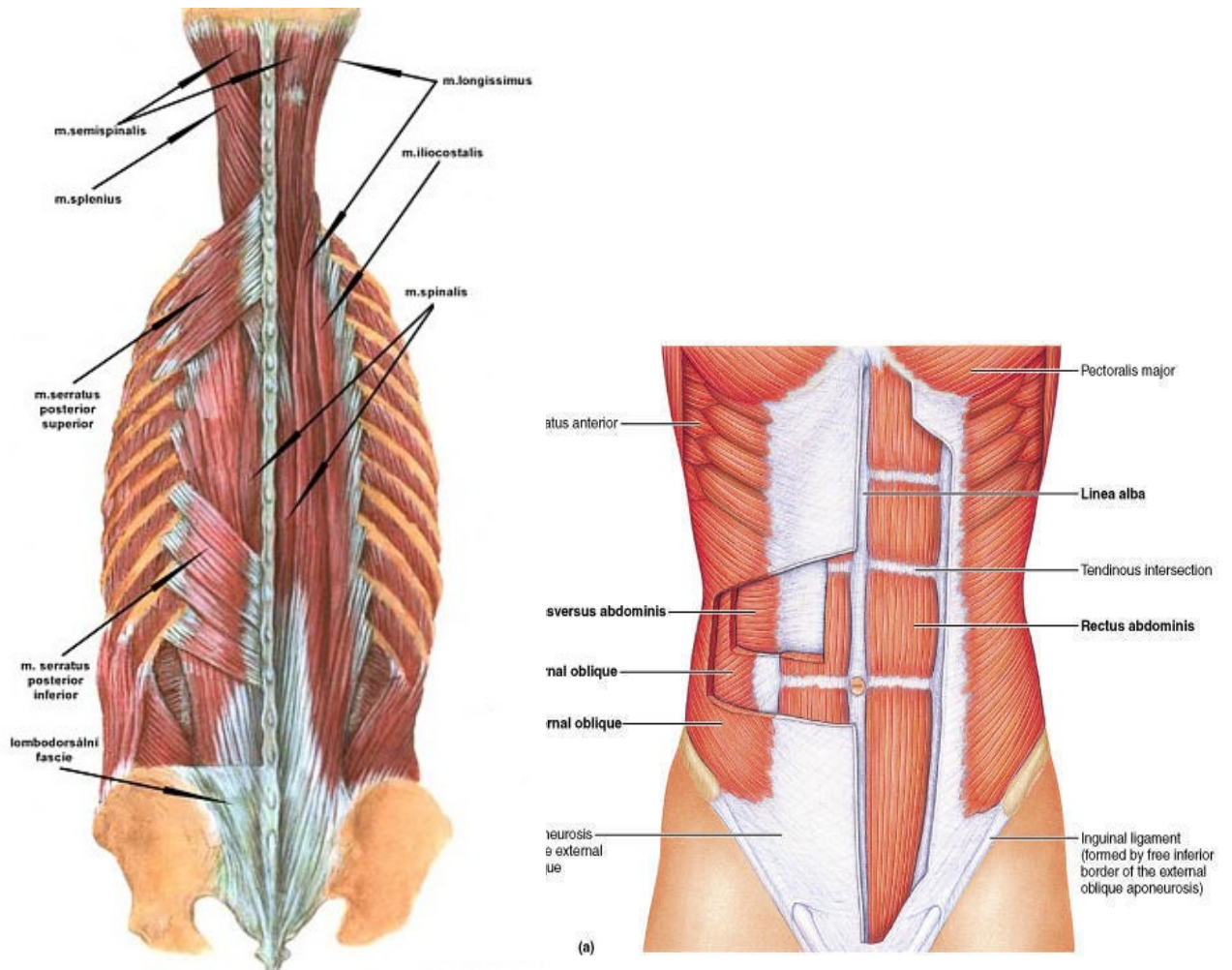
Zapojení svalů do stabilizace páteře je automatické. Zapojení svalové stabilizace je zcela nezbytné při ochraně páteře (Calin, Porta, Fries, Schurman, 1977). Při změně v některé složce tohoto systému dochází k nesouhře a útlumu bráničního dýchání, inkoordinované funkci svalů pánevního dna a ke vzniku aktivity v povrchových svalech (zvláště povrchových erektorech trupu), které přebírají posturální funkci. Dochází k posunu k vývojově starším motorickým vzorům (Skalka, 2002).

Dokonalá souhra všech svalů tvořících HSS dovoluje udržet relativně konstantní nitrobřišní tlak v průběhu dýchání. Nitrobřišní tlak je vysoce významnou součástí sil, působících na bederní páteř a uplatňuje se jako říditelný faktor při tzv. kontrole neutrální zóny. Pozice neutrální zóny je označením pro takové nastavení dvou sousedních obratlů (pohybového segmentu páteře), kdy vektorový součet sil působící na segment = 0. Tato pozice maximálně chrání segment před přetížením (www.bodybuilding.cz).

Při zvýšených nárocích na zatížení páteře je proto nutné, aby došlo i k adekvátnímu zvýšení nitrobřišního tlaku. To se děje převážně automaticky - podvědomně tím, že zadržíme dech. Toto zadržení dechu není ničím jiným, než

Teoretická část

synergickou kontrakcí všech svalů HSS, jejichž aktivita se úměrně intenzitě zátěže rozšíří i do povrchových svalových skupin, a dojde k výraznému zvýšení nitrobršního tlaku, který více "podepře" páteř zředu (www.bodybuilding.cz).



Obr. 11 a 12: přehled svalů tvořící HSSP (převzato z Palaščáková, Špringrová, 2010)

2.7 Kapalabhati

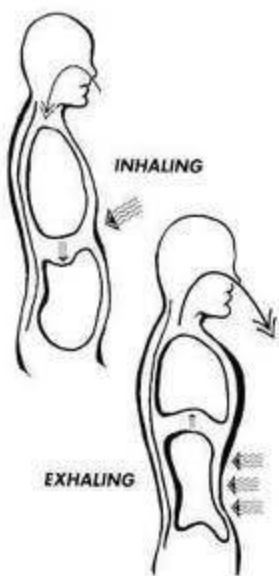
Dechové cvičení, založené na aktivním výdechu, který je rychlý a prudký a naopak pasivním, pomalém nádechu. Kapalabhati se tedy skládá z krátkých dávek prudce vydechovaného vzduchu, po nichž následuje pasivní nádech. (Lysebeth, 1999, Dostálek, 1996).

Kapalabhati začíná tedy prudkým, energickým výdechem, stáhnutím břišního svalstva. Vzduch se vytlačuje hlasitým vyfouknutím nosem. Ústa jsou po celou dobu uzavřená. Po výdechu se nezadržuje dech, uvolněním břišních svalů se vzduch samočinně nasává do dolní a střední části plic (Kogler, 1971).

Nucený výdech odvádí vzduch bez kyslíku i ze spodní části plic a tím uvolňuje místo pro příjem čerstvého vzduchu bohatého na kyslík a zároveň pročišťuje celý respirační systém (Lidellová, Narayani, Rabinovič, 2002).

Kapalabhati je čistě brániční typ dýchání, hrudník má důležitou úlohu v tom, že zůstává naprosto nehybný. Před cvičením se vypne hrud', který by měla zůstat v poloze při nádechu s roztaženými žebry. Během cvičení je patrný pohyb posledních žebry, který je pasivní a nevyhnutelný, protože je vyvolán tahem svalů břišní stěny, spojené s těmito žebry.

Bránice se tady podílí velmi intenzivně, ale pasivně. Hlavní pohyby vytváří břišní stěna, která stlačuje vnitřní orgány dozadu a nahoru a tak je aktivována bránice – tedy prostřednictvím vnitřních orgánů aktivací břišní stěny. Bránice je aktivní, ale nedochází ke svalovým stahům (Lysebeth, 1999).



Kapalabhati začíná se s 12 – 15 výdechy, poté se počet zvyšuje na 60, maximum je 120 aktivních výdechů za minutu (Hájek a kol., 2000). Výdech trvá asi dvě desetiny vteřiny, nádech se mění od osmi do tří desetin vteřiny podle rytmu, v němž se cvičení provádí (Lysebeth, 1999).

Obr. 13: Kapalabhati (převzato z www.take-root.com)

2.8 Shrnutí dosavadních poznání o Kapalabhati

Kuvalayananda a Karambelkar (1958) zjišťovali alveolární koncentraci oxidu uhličitého na konci 2 a 5 minutového provádění dechové techniky Kapalabhati (120 výdechů za minutu). Tento experiment byl rozdělen do dvou fází. V první fázi testovali 8 probandů a zjišťovali změnu alveolární koncentrace CO₂ při normálním dýchání a na konci 2 minutové praxe Kapalabhati a ve druhé fázi testovali 6 probandů na konci 5 minutového provádění Kapalabhati, vždy při počtu 120 výdechů za minutu. K experimentu použili trojcestný hliníkový kohout, jehož jedno rameno byl náustek, protilehlé rameno bylo připojeno hadicí ke spirometru a boční rameno bylo připojeno pomocí gumového vaku s úzkou trubicí na druhém konci, která byla zakončena klipsem. Každý proband napřed 30 minut ležel a relaxoval, pak prováděl dvě minuty dýchání v typické poloze a 5-10 sekund před koncem si vložil náustek do úst a pevně ho držel jazykem. Po dvou minutách hluboce a rychle vydechl do náustku, spojený se spirometrem. Srovnání alveolární koncentrace CO₂ na konci 2 a 5 minutového dýchání v pozici Kapalabhati a normálního dýchání ukazuje, že nedošlo k výrazným změnám. Průměrné hodnoty alveolární koncentrace CO₂ jsou přibližně 4.6, 4.9 a 4.6.

Desai a Gharote (1990) zkoumali vliv Kapalabhati na hladinu močoviny, kreatininu a tyrosinu. Tato studie byla provedena u dvanácti zdravých dobrovolníků mužského pohlaví. Po jedné minutě praktikování Kapalabhati došlo k poklesu urey, zvýšení kreatininu a tyrosinu. Z biochemického se zdá, že jsou podporovány oxidační mechanismy a dekarboxylace, díky kterým je dosaženo ztlumení dýchacích center, což je také předpoklad pro praxi Pranayama, další důležité techniky jógy.

Vědci Stančák, Kuna, Srinivasan, Dostálek a Vishnudevananda (1991) zjišťovali změny na EEG během praktikování Kapalabhati. Topografie mozkové elektrické aktivity byla zkoumána u 11 pokročilých jogínů během jogínského vysoko-frekvenčního dýchání - Kapalabhati. Výsledkem bylo zvýšení Alfa aktivity během prvních pěti minut provádění Kapalabhati. Theta aktivita byla většinou zvýšená v okcipitální oblasti v pozdější fázi, zhruba 15 min během Kapalabhati. Beta₁ aktivita vzrostla během prvních 10 min provádění Kapalabhati v týlní, a v menší míře v parietální oblasti. Alfa a beta₁ aktivita poklesla, theta aktivita byla zachována během počátečního klidového období po provedení Kapalabhati. Hodnota hlavního

Teoretická část

deaktivačního faktoru byla vyšší po provedení Kapalabhati než před provedením. Výsledky naznačují relativní nárůst pomalejších frekvencí EEG a odpočinek na subjektivní úrovni jako pozdější efekt cvičení Kapalabhati.

Johnson, Tierney a Sadighi (2004) přišli s tvrzením, že opakované cvičení Kapalabhati může způsobovat spontánní pneumotorax, který je nejčastější příčinou pneumotoraxu. Popisují případ 29 leté zdravé ženy, která byla přivezena na pohotovost se spontánním pneumotoraxem, způsobený technikou dýchání zvané Kapalabhati. Toto jógové dechové cvičení se běžně praktikuje a omezené počty studií ukázaly různé fyziologické výhody i nevýhody jógového dýchání. Tato kazuistika je zatím jediný známý záznam o vzniku spontánního pneumotoraxu způsobené Kapalabhati, ale jsou známé některé další vzácné příčiny. Cílem prezentace této kazuistiky by měla být ilustrace, že se mohou objevit i nežádoucí vedlejší účinky, když je tělo vytavováno fyziologickým extrémům.

Joshi a Telles (2009) představili nerandomizovanou, srovnávací studii o účincích Kapalabhati a vědomého dýchání na kognitivní potenciály u trénovaných jogínů.

Studie byla provedena pro srovnání kognitivních potenciálů na vlně P3, neboli P300, zaznamenaných před a po praktikování vysokofrekvenčního jógového dýchání a vědomého dýchání.

Vlna P300 byla zaznamenávána u účastníků ve dvou skupinách před a po intervenčním sezení v délce trvání 1 minuty. Všichni účastníci studie dostali školení o józe v rezidenčním centru jógy, Swami Vivekanada Jóga Research Foundation v Bangalore v Indii.

30 účastníků mužského pohlaví rozdělili na dvě skupiny po 15 probandech, se srovnatelným věkem (v rozmezí 20 - 35 let) a srovnatelnou praxí těchto dvou technik (minimální zkušenost byla 3 měsíce).

Tyto dvě skupiny byly oddělené a samostatně prováděly daný typ dýchání. Jedna skupina prováděla Kapalabhati (vysokofrekvenční dýchání na frekvenci přibližně 2,0 Hz). Druhá skupina prováděla vědomé dýchání, během něhož si účastníci byli vědomi svého dechu v pozici uvolněného sedu.

Kognitivní potenciál na vlně P300, který je vyvolán a drážděn mezi sluchovými podněty, byl zaznamenán před a po provedení u obou technik. Maximální latence vlny

Teoretická část

P300 poklesla po provedení Kapalabhati, což naznačuje pokles času potřebného pro tento úkol, který vyžaduje selektivní pozornost. Vědomé dýchání naopak zvýšilo maximální amplitudu vlny P300, což naznačuje nárůst nervových zdrojů dostupných pro daný úkol.

Telles, Maharana, Balrana, Balkrishna (2011) posuzovali vliv Kapalabhati a vědomého dýchání na stupeň vnímání optické iluze. Dřívější výzkum ukázal, že metody meditace, kontrola dýchání a různé druhy jógového dýchání mají vliv na pozornost a vizuální vnímání, včetně snížení množství určitých optických iluzí. V této studii byla míra optické iluze hodnocena pomocí Müller-Lyer stimulů před a hned po dvou různých typech dýchání (Kapalabhati a vědomé dýchání). 30 účastníků mužského pohlaví s průměrným věkem 26 let praktikovalo Kapalabhati a vědomé dýchání po dobu 18 minut ve dvou různých dnech. Kontrolní skupina měla hodnotit 15 probandů nepraktikujících jógu před a po 18 min, ve kterých neměli vykonávat žádnou konkrétní činnost, jen sedět a relaxovat. Po provedení Kapalabhati i vědomého dýchání došlo k výraznému poklesu míry optického klamu. Možnost, že by to bylo kvůli praxi nebo opakování účinku byl vyloučen, když 15 probandů nepraktikujících jógu neprokázalo žádnou změnu míry iluze i po dalším testování. Tyto změny byly interpretovány jako důsledek změny ve vnímání, související se způsobem posuzování podnětů.

2.9 Spirometrie

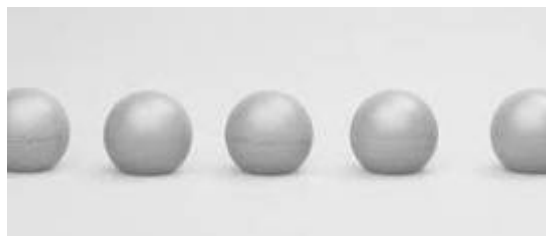
Spirometrie je fyziologický test měřící objem vzduchu, který vyšetřovaný vdechuje či vydechuje v závislosti na čase. Popisuje výměnu vzduchu mezi plícemi a atmosférou, tedy plicní ventilaci. Patří k základním interním vyšetřovacím metodám. K základnímu vyšetření patří měření klidových (tzv. statických) i dynamických objemových parametrů (Chlumský a kol., 2006).

Vedle diagnostiky plicních onemocnění u symptomatických pacientů je přínosná při monitorování průběhu těchto onemocnění, při posuzování efektu léčby, pro stanovení funkční rezervy při zvažování operačního výkonu, při sledování osob vystavených rizikovým faktorům v pracovním prostředí, opomenout nelze různé posudkové účely (www.lfp.cuni.cz/fyziologie).

Vlastní spirometrie je prováděna vsedě, jiná poloha musí být uvedena v poznámce u výsledku. Před provedením spirometrie je nutné ponechat vyšetřovaného v klidu (15 min), bez expozice kouři, chladu, agresivním pachům či vůním (Chlumský a kol. 2006).

2.10 3-D analýza pohybu - Qualysis

Systém Qualysis je optoelektronický systém pro 3D analýzu pohybu. Hlavním úkolem je tvorba a následná analýza kinematického záznamu pohybu měřeného objektu. Využívá vlastní vysokofrekvenční kamery pro přesné sledování pohybu měřeného objektu s využitím pasivních či aktivních markerů. Jedná se o přesnou a velmi robustní technologii, která poskytuje kinematická data velmi rychle a s vysokou přesností v reálném čase. Softwarové nástroje umožňují tak snadné výpočty základních kinematických veličin jako dráha, rychlost, zrychlení, úhlové veličiny, tak i náročné komplexní kalkulace (www.casri.cz).



Obr. 14: Markery (převzato z www.qualysis.com)

Teoretická část

K připevnění kamer se používají trojnožky (obr. 15), pro zachycení bodů na těle pasivní markery (obr. 14).



Obr. 15: Trojnožka pro uchycení kamery (převzato www.casri.cz)

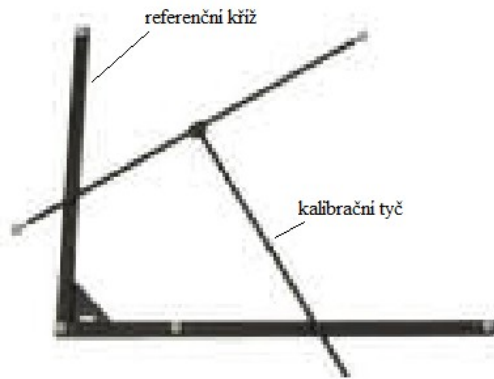


Obr. 16: Kamera Oqus 300 (převzato z www.casri.co.uk)

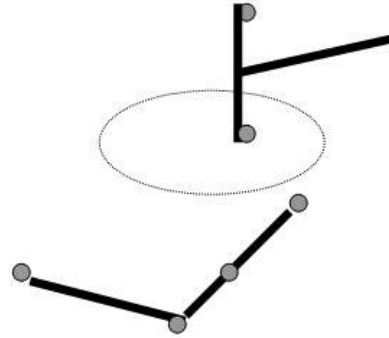
Před 3D měřením je nezbytným krokem kalibrace, která se provádí pomocí pevného rámu (referenční bod), jenž má na koncích dva markery a umísťuje se do prostoru, v němž se bude odehrávat sledovaný pohybový děj a s jeho pomocí se následně počítají vnější a vnitřní parametry kamer. Samotná kalibrace se provádí pomocí tyče, na jejíchž koncích jsou umístěny markery, jejichž vzdálenost je přesně změřená, a rámu ve tvaru L. Touto hůlkou se pohybuje v prostoru, kde se bude realizovat vlastní měření (www.qualysis.com).

Kalibrace zajišťuje koordinaci systému pro následné měření pohybu. Tyč i pevný referenční objekt jsou sledovány softwarem Qualisys Track Manager (QTM), který zobrazí výsledek kalibrace. Proces kalibrace trvá cca 30s (www.casri.cz).

Teoretická část



Obr. 17: Nástroje pro kalibrace
(převzato z www.casri.cz)



Obr. 18: Kalibrace
(převzato z www.qualysis.com)

Existuje tedy několik základních pravidel, které je nutné dodržet:

1. Všechny kamery musí zaznamenat pohyb současně.
2. Kamery musí být důsledně stacionární a za žádných okolností nesmí dojít k jejich posunutí během záznamu ani mezi kalibrací a záznamem pohybu.
3. Pohybující se objekt (marker na objektu) musí být zřetelně viditelný po celou dobu pohybu minimálně ze dvou kamer.
4. Musí být přesně známa frekvence snímání kamery.
5. Kamery musí být synchronizovány.

Získání, uložení a zpracování dat bylo provedeno pomocí systému Qualysis track manager (QTM), které zajišťuje rychlý a přesný sběr dat. Systém umožňuje provádět 2D, 3D a 6DOF zachycení dat v reálném čase s minimálním zpožděním. Jakmile kamery jsou připojeny, QTM automaticky detekuje počet kamer a všechny kamerové pohledy jsou viditelné na monitoru. Tyto markery jsou zobrazeny v reálném čase na

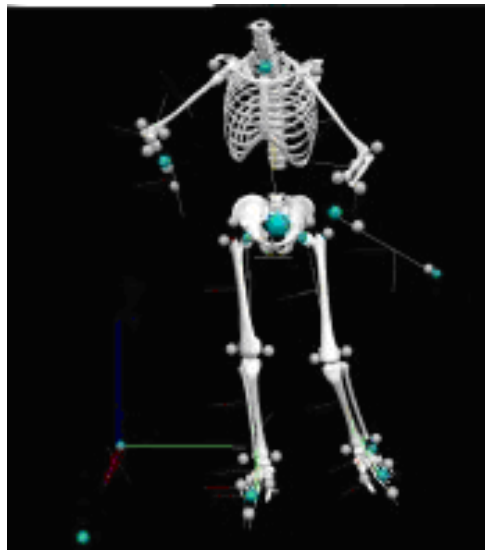


monitoru jak v 2D, tak i 3D. Díky této funkci je velmi snadné umístit a upravit kamery tak, aby byl efektivně pokryt požadovaný objem měření.

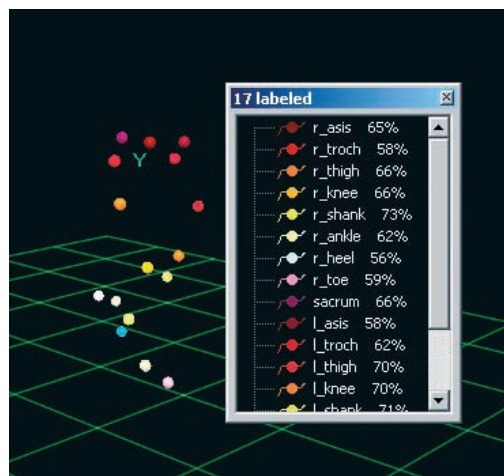
Obr. 19: Zobrazení markerů v počítači (použito z <http://www.qualysis.se>)

Teoretická část

Před samotným vyhodnocením dat se uložené data roztřídí a identifikují se jednotlivé markery. To vše se provede v programu Qualysis track manager, který má v nabídce možnosti pro upravení. Jejich využití je ale závislé na kvalitě naměřených dat. Nejčastější problém je zastínění trajektorie markeru a tím i přerušovaný záznam. Daný bod tedy snímá pouze jedna kamera, popřípadě žádná. Qualysis track manager je vybaven schopností tyto chybějící úseky odhadnout a doplnit, protože ze snímání jedné kamery není možno rekonstruovat 3D pohyb. Po tomto zpracování se data vyexportují do MS Office Excel a data se dále vyhodnocují (www.qualysis.com).



Obr. 20: Použití kostěných elementů QTM (použito z <http://casri.cz>)



Obr. 21: Třídění dat (převzato z www.qualysis.se)

Teoretická část

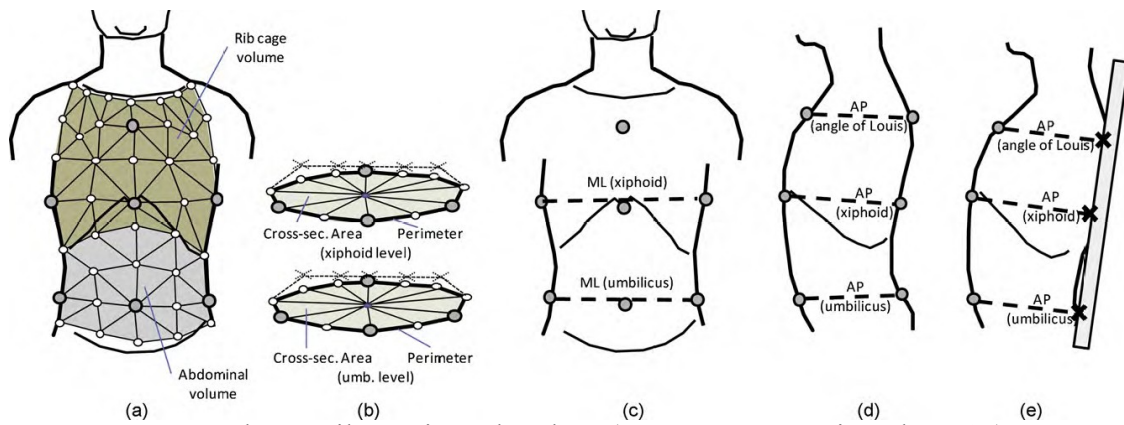
Chyby měření

Při samotném vyhodnocování dat je také potřeba počítat s relativními chybami v měření.

První chyba je v přesnosti snímání markerů. Sám výrobce uvádí absolutní chybu měření 1-2 mm, Liu (2007) ve své studii uvádí relativní chybu měření 1,31% - 2,37%. Nejlépe se dá stanovit kalibrací.

Další chybou může být posun po kůži. Hodnota posunu se udává v mm a dle Peterse (2010) je maximální v oblasti velkého trochanteru, a to až 40 mm.

Neúplné data taky mohou způsobit náhodné odlesky, posuny kamer, rovnoběžnost snímání markeru a špatný dopočet dráhy markeru.



Obr. 22: ilustrativní charakter (převzato z Romei et al., 2010)

3. Cíle práce a hypotézy

Cíle

V mnoha studiích byl popsán vliv dechového cvičení na tvar trupu, a z této skutečnosti vychází cíle této práce.

1. Hlavním cílem je provést případovou studii dechových parametrů v důsledku změn během daného ventilačního manévru. Konkrétně nás bude zajímat změna objemu plic v závislosti na čase a mechanické parametry dechu v sedu během dechového manévru.
2. Zhodnocení vlivu prováděného dechového manévru na jednotlivé probandy.
3. Prověření respirační dynamiky u vybraného dechového manévru.

Účelem této práce není vyslovit závěry obecně platné pro široké spektrum lidí, jedná se pouze o ukázkou několika případových studií, jejichž rozbořením bych ráda nastínila možná řešení níže popsaných hypotéz.

Hypotézy

1. Nově sestrojený spirometr bude správně fungovat a dovolí analýzu objemů v průběhu nádechu a výdechu. Ověřit funkci při klidovém dýchání, maximální dechové kapacitě a při dynamickém dechovém manévru. Hodnocení je vhodné provádět systémem Dewesoft a MS Excel.
2. Po Kapalabhati dojde ke snížení průměrné hladiny objemů, protože se zvýší saturace a kvůli většímu množství kyslíku v organismu jedinec nebude mít takovou potřebu dýchat tolik zhluboka.
3. Možnost detekce tvarových změn trupu při zvoleném ventilačním manévru. Možnost sledovat dechové pohyby v oblasti hrudního koše, břicha a vlivu na páteř.
4. Pro náročnost Kapalabhati u netréovaných probandů dojde k individuální reakci trupu v celkovém postavení (poloze) trupu.

Experimentální část

4. Metodologie

Následující kapitoly jsou věnovány popisu vlastních činností provedených v jednotlivých etapách práce.

4.1 Plán výzkumu a vymezení práce

Měřené parametry:

- Objemové změny během dechového manévru
- Reakce hrudního koše a trupu na dechový manévr v prostoru (3D systému)

Potřebné metody během měření:

- Spirometrie
- 3D kinematická analýza – systém Qualisys

Pomůcky:

- spirometr s maskou, 6 kamer se stojany, 32 markerů, kalibrovací set, obsahující kalibrovací tyč a kříž, 2 počítače, jeden snímá data z Qualysisu do programu Qualysis track manager, druhý pak spirometrii do programu Dewesoft, polohovací lehátko

Probandi:

- 3 probandi ve věku 20 – 40 let: proband č. 1 žena, věk 25 let, proband č. 2 mu, věk 40, proband č. 3 muž, věk 29 let
- všichni probandi s převážně sedavým zaměstnáním, která přináší i občasnou psychickou zátěž
- udávají občasnou bolest bederní páteře po delším sezení, bez nálezu strukturálních změn na pohybovém aparátu
- absence akutního nebo chronického onemocnění respiračního aparátu

4.2 Organizace výzkumu

Měření probíhalo v biomechanické laboratoři extrémní zátěže na Fakultě tělesné výchovy a sportu.

K měření jsme využili 6 kamer, které jsme umístili v prostoru tak, aby byly otočeny směrem na střed (který tvořilo fyzioterapeutické polohovací lehátko) a snímaly ze všech stran kalibrační kříž, umístěný na lehátku. Kamery byly zkalibrovány a provedla se zkušební spirometrie a 3D analýza pohybu, obojí synchronně v jeden moment. Pro získání dat v tomto výzkumu jsme použili 2 počítače, kdy první zaznamenával data z kamer (program Qualisys Track Manager) a druhý snímal spirometrické hodnoty (program Dewesoft).

Probandi byli požádáni, aby přišli na měření ve stejný den s časovým odstupem 1 hod, kde byli seznámeni s výzkumem.

Proband se posadil do výchozí polohy, kde byl zkorigován fyzioterapeutem, postupně mu byly nalepeny všechny markery a těsně před začátkem měření připevněna spirometrická maska. Před zahájením měření byl instruován o tom, jak má dýchat a provádět dechový manévr. Poté, co si proband vyzkoušel dechový manévr a uznal, že je v klidovém stavu a dýchání se zharmonizovalo, terapeut odstartoval měření.

Úkolem bylo po dobu 5 min dýchat v tomto pořadí: klidové dýchání – maximální nádech + maximální výdech – klidové dýchání - maximální nádech + maximální výdech – klidové dýchání – Kapalabhati - klidové dýchání – maximální nádech + maximální výdech – klidové dýchání - maximální nádech + maximální výdech – klidové dýchání. Proband byl vždy upozorněn pár vteřin před určitým typem dýchání na změnu. Tento cyklus se opakoval celkem 1x.

Proband byl poučen o bezpečnosti a v případě nevolnosti, nebo jiného nepohodlí měl zvednout ruku, aby bylo měření zastaveno a nebyly tak ovlivněny výsledky měření.

Měření probíhalo v místnosti při teplotě 21,6°C, vlhkosti 56% a tlaku 1018 hPa.

Celkově jsme získali data z 5 minut dýchání v sedu, které sloužily jako výchozí hodnoty pro výpočet klíčových parametrů na trupu.

4.3 Metody měření

Qualisys

1. Specifikace nastavení Qualisysu a protokol měření použité v této práci:

- ❖ Pro snímání byla použita sestava 6 kamer s následujícími parametry

Parametry	Hodnoty
Rozlišení	1280x1024
měřená vzdálenost	25m s 19mm markery, 9m s 4mm markery
maximální frekvence	500 Hz
horizontální pole	10 – 45 stupňů
maximální počet kamer	Neomezeno, max. 400 markerů

Obr. 23: Parametry kamer (převzato z www.casri.cz)

- ❖ Snímací frekvence byla 200 Hz

2. V rámci jednoho měření provedl každý proband:

- ❖ Klidové dýchání - maximální nádech a výdech – klidové dýchání – maximální nádech a výdech – klidové dýchání – Kapalabhati – klidové dýchání – maximální nádech a výdech – klidové dýchání – maximální nádech a výdech – klidové dýchání

3. Byly použity pasivní markery o průměru 1cm:

Zachyceny na:

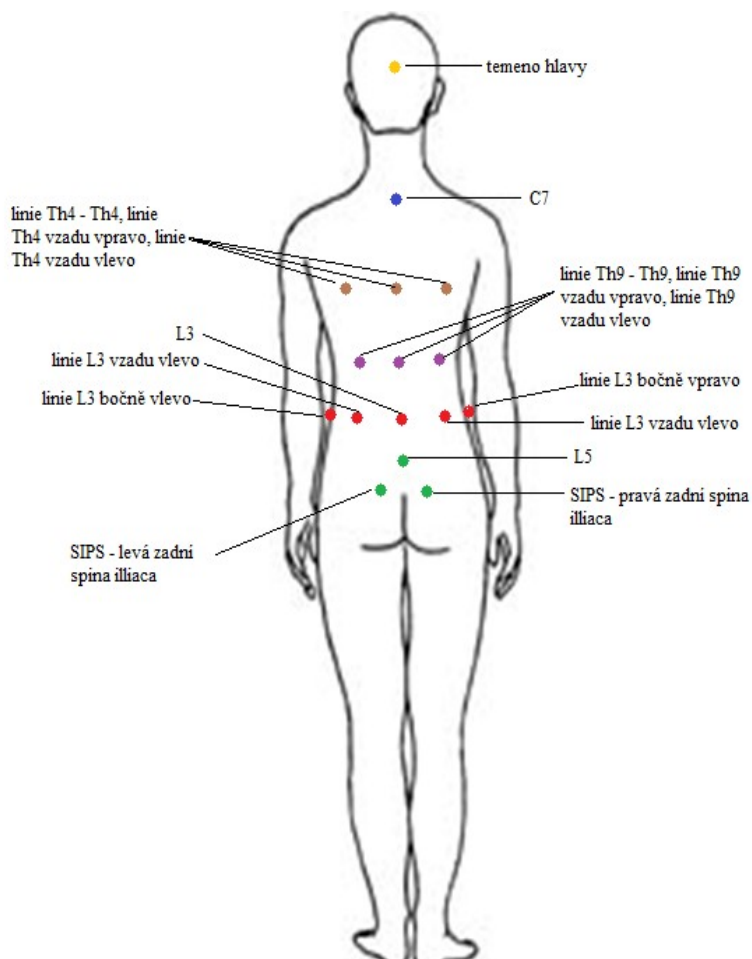
- ❖ Temeno hlavy, nad kořenem nosu
- ❖ Obratel C7
- ❖ Acromiony
- ❖ Linie obratle Th4 – Th4, vzadu vpravo, vzadu vlevo, Th4 vpředu, vpředu vpravo, vpředu vlevo
- ❖ Linie obratle Th9 – Th9, vzadu vpravo, vzadu vlevo, Th9 vpředu, vpředu vpravo, vpředu vlevo

Experimentální část

- ❖ Linie obratle L3 – L3, vzadu vpravo, vzadu vlevo, bočně vpravo, bočně vlevo, linie L3 vpředu, vpředu vpravo, vpředu vlevo
- ❖ L5
- ❖ Zadní spina illiaca pravá, levá
- ❖ Přední spina illiaca pravá, levá, linie mezi oběma SIAS

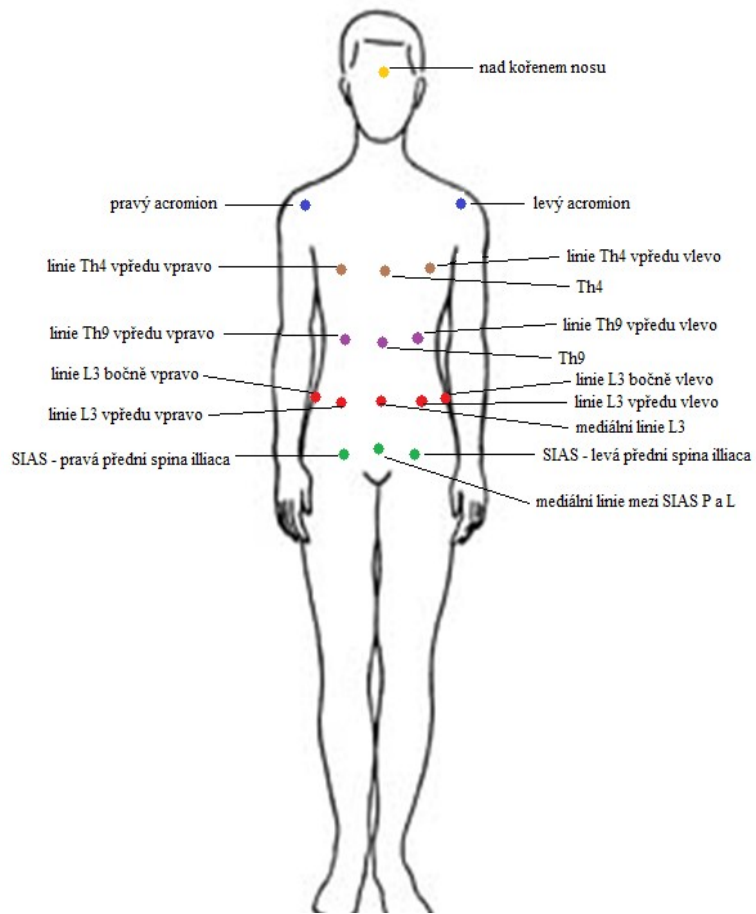
pro vyhodnocení pak byly použity markery

- ❖ Th4, Th9, L3 a jejich linie, SIAS bilaterálně a jejich mediální linie



Obr. 24: Markery – pohled zezadu (převzato z tabulky.esence.biz)

Experimentální část



Obr. 25: Markery – pohled zepředu (převzato z www.tabulky.esence.biz)

Experimentální část

Spirometrie

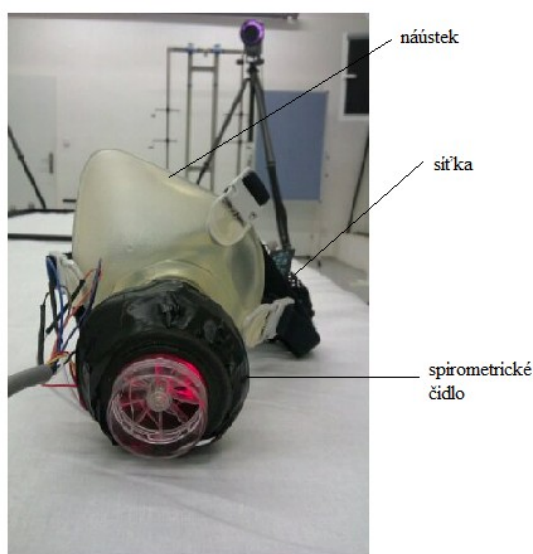
Spirometr byl sestaven v laboratoři BEZ na FTVS jako součást výzkumu. Poskytuje nativní data, v nezměněném stavu.

V průběhu měření zaznamenávalo informace o výdechu vnitřní optoelektronické čidlo, které snímalo pohyb vrtulky a převádělo na impulzy. Jedno otočení vrtulky bylo rovno jednomu impulzu. Vnitřní vrtulka byla rozpořehována proudem vydechovaného vzduchu. Získané impulzy se poté převedly na litry, což znamená, že jedna otáčka spirometru byla 0,01 litru. Frekvence záznamu byla 50000Hz.

Byla použita měřicí stanice Dewetron, přes kterou byla data převedena do počítače

1. Specifikace spirometrie a protokol měření použité v této práci:

- ❖ K měření byl využit spirometr sestavený v BEZ (laboratoř extrémní zátěže) na FTVS UK



Obr. 26: Spirometr



Obr. 27: Spirometrické čidlo

- ❖ Spirometrické čidlo bylo spojeno s náústkem a k hlavě bylo připevnění pomocí síťky, která zafixovala vlasy

Experimentální část



Obr. 28: Samostatně maska se síťkou

- ❖ V rámci jednoho měření byl proveden jeden záznam

2. V rámci jednoho měření provedl každý proband:

- ❖ Viz str. 45

5. Výsledky

Vzhledem k tomu, že čas ze spirometrického měření neodpovídá časovému intervalu Qualysisu, rozhodli jsme se vyhodnotit data zvlášť pro spirometrii a zvlášť pro Qualysis.

5.1 Qualysis

5.1.1 Hodnocené parametry

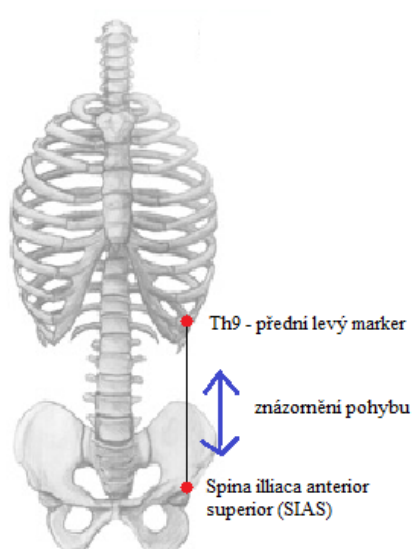
Protože kamery nezaznamenaly během měření všechny markery, získaná data nebyla kompletní. Po prostudování jsme zjistili, že kamery téměř nesnímaly pravou polovinu těla i přesto, že vše bylo připraveno dle daného a správného postupu. Proto byly zvoleny pro vyhodnocení tyto parametry:

❖ Společné pro všechny 3 probandy:

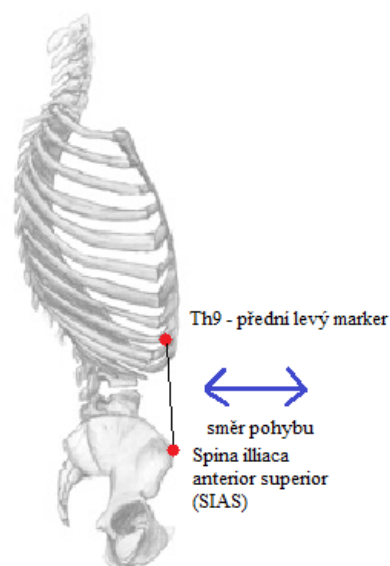
Th9 – SIAS

Označení přední spiny pánevní (SIAS) a bod ve výšce obratle Th9 vpředu vlevo na hrudním koši

- A. Sledována vzájemná vzdálenost a posun vertikální na ose Z v souřadném systému (viz obr. 29)
- B. Sledována vzájemná vzdálenost a posun předozadní na ose Y v souřadném systému (viz obr. 30)



Obr. 29: Vertikální posun Th9 – SIAS



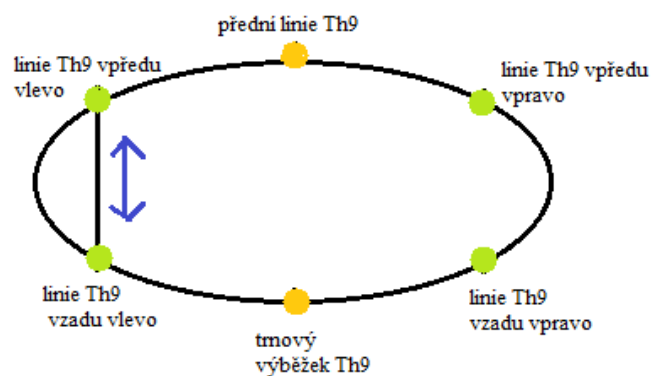
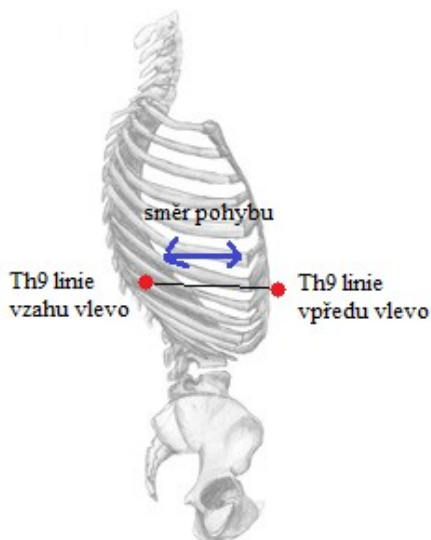
Obr. 30: Předozadní posun Th9 - SIAS

Experimentální část

1. Th9 – předozadní směr

Označení bodu ve výšce obratle Th9 vpředu vlevo a vzadu vlevo na hrudním koši

A. Sledována vzájemná vzdálenost a posun předozadní na ose Y v souřadném systému (viz obr. 31)



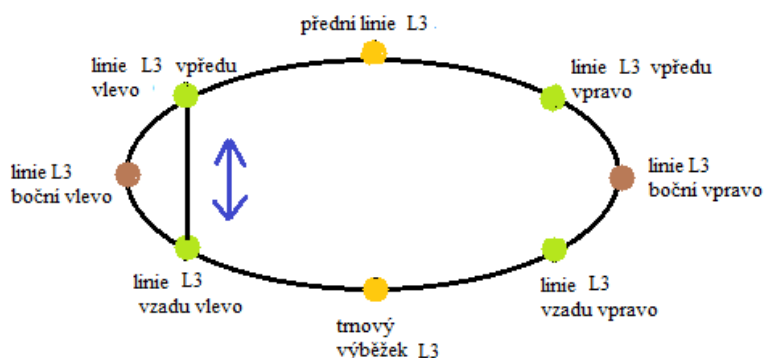
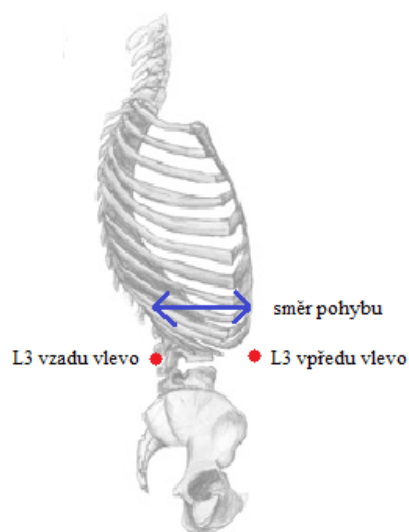
Obr. 31: Předozadní posun Th9

Obr. 32: Detailní řez

3. L3- předozadní směr

Označení bodu ve výšce obratle L3 vpředu vlevo a vzadu vlevo na břiše

A. Sledována vzájemná vzdálenost a posun předozadní na ose Y v souřadném systému (viz obr. 33)



Obr. 33: Předozadní posun L3

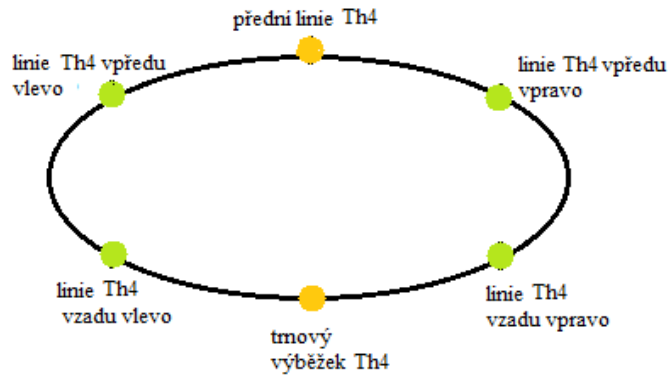
Obr. 34: Detailní řez

Experimentální část

❖ Jednotlivá vyhodnocení:

1. Řez Th4

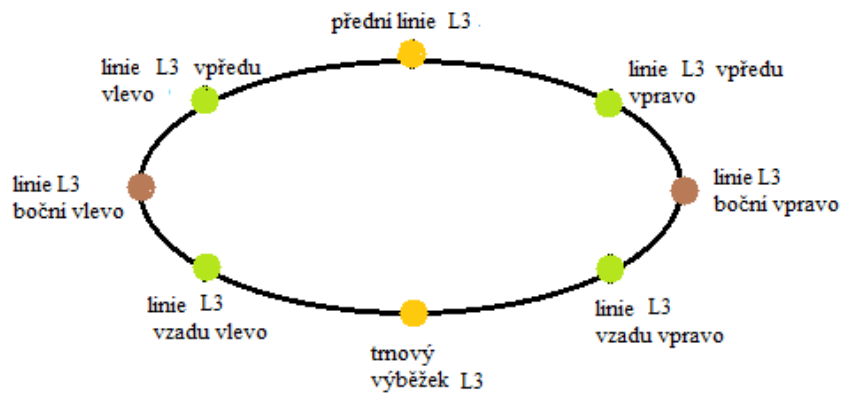
Označení všech bodů v linii Th4 na hrudním koši, porovnání během nádechu a výdechu



Obr. 35: Řez Th4

2. Řez L3

Označení všech bodů v linii L3 na bříše, porovnání během nádechu a výdechu



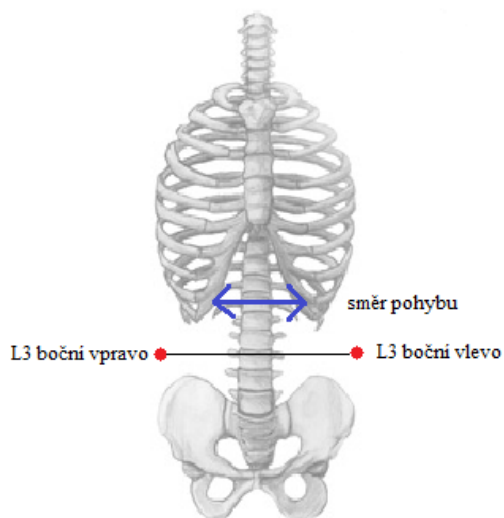
Obr. 36: Řez L3

Experimentální část

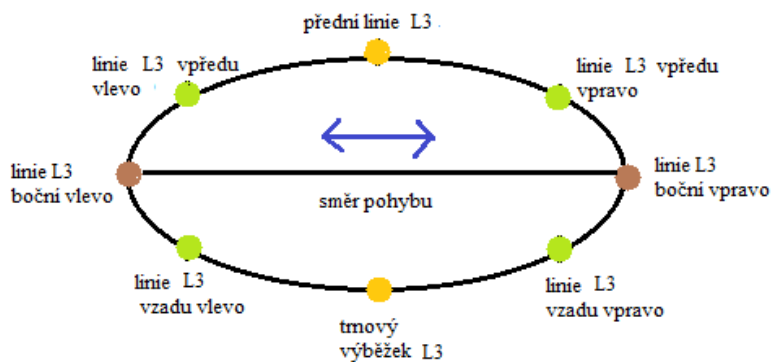
3. L3 – laterální směr, předozadní směr

Označení všech bodů v linii L3 na břicho a na zádech

A. Sledována vzájemná vzdálenost a posun laterální na ose X v souřadném systému

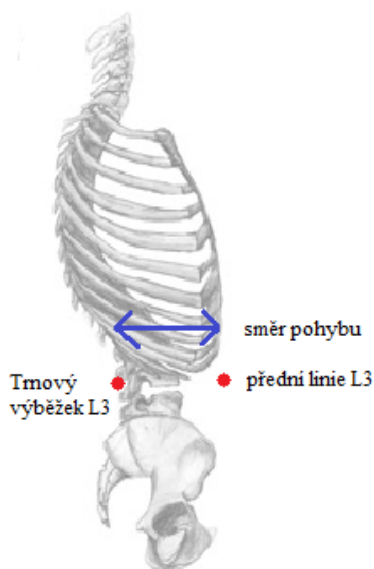


Obr. 37: Laterální posun L3

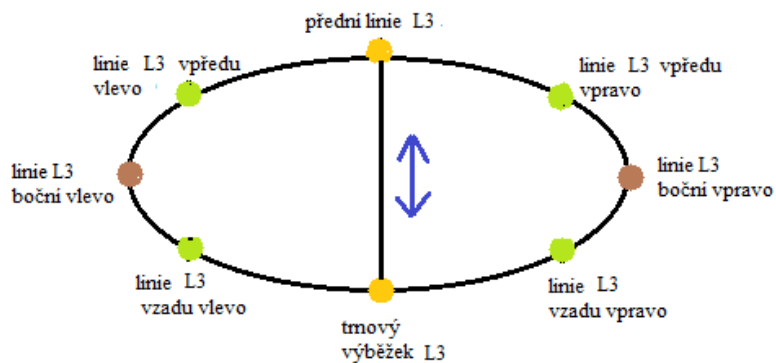


Obr. 38: Detailní řez

B. Sledována vzájemná vzdálenost a posun předozadní na ose Y v souřadném systému



Obr. 39: Předozadní posun L3



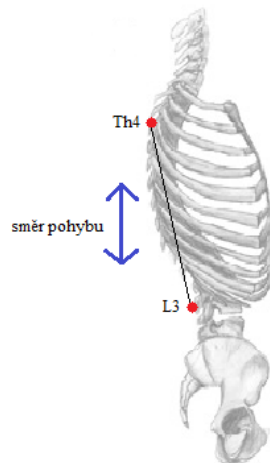
Obr. 40: Detailní řez

Pro vyhodnocení nebylo dostatek data.

Experimentální část

4. Th4 – L3 – vertikální směr

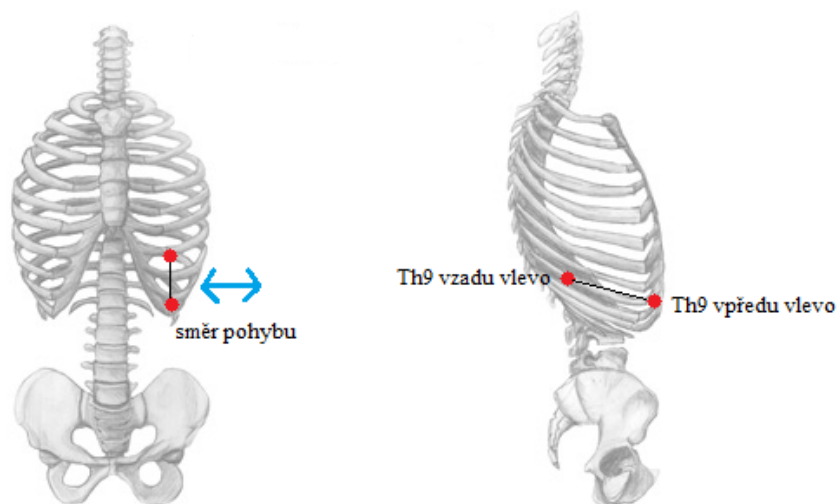
Označení trnového výběžku Th4 a L3.



Obr. 41: Th4 – L3 vertikální směr

4. Th9 – laterální směr

Označení bodu ve výšce obratle Th9 vpředu vlevo a vzadu vlevo na hrudním koši



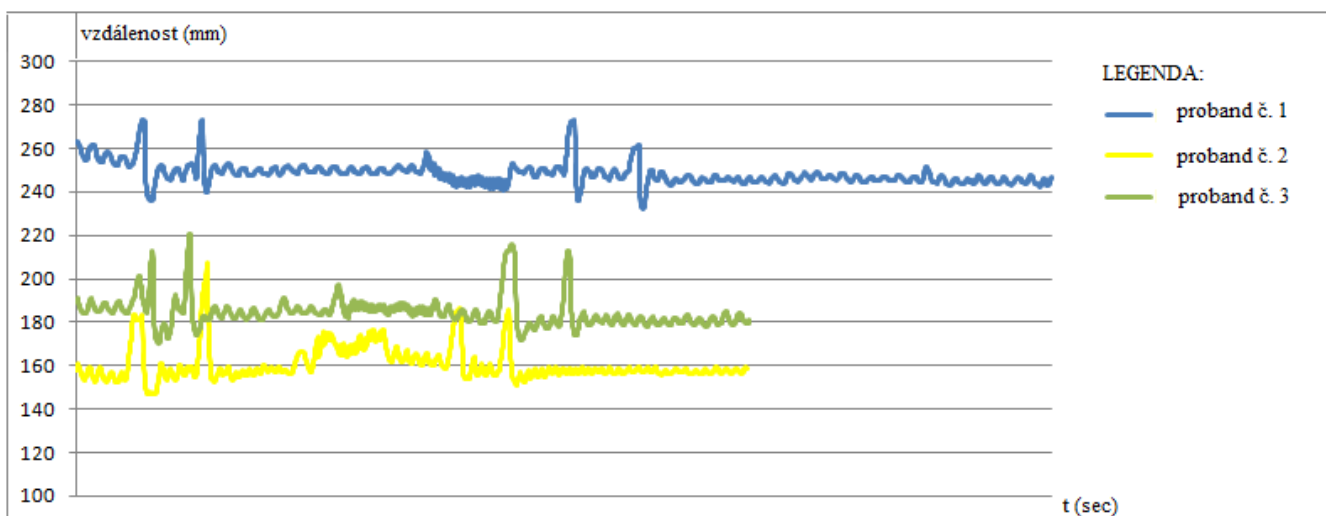
Obr. 41: Th9 – laterální směr

5.1.2 Vyhodnocení

SROVNÁNÍ VENTILAČNÍHO MANÉVRU U JEDNOTLIVÝCH PROBANDŮ

❖ *Th9 – SIAS, vertikální směr - osa Z*

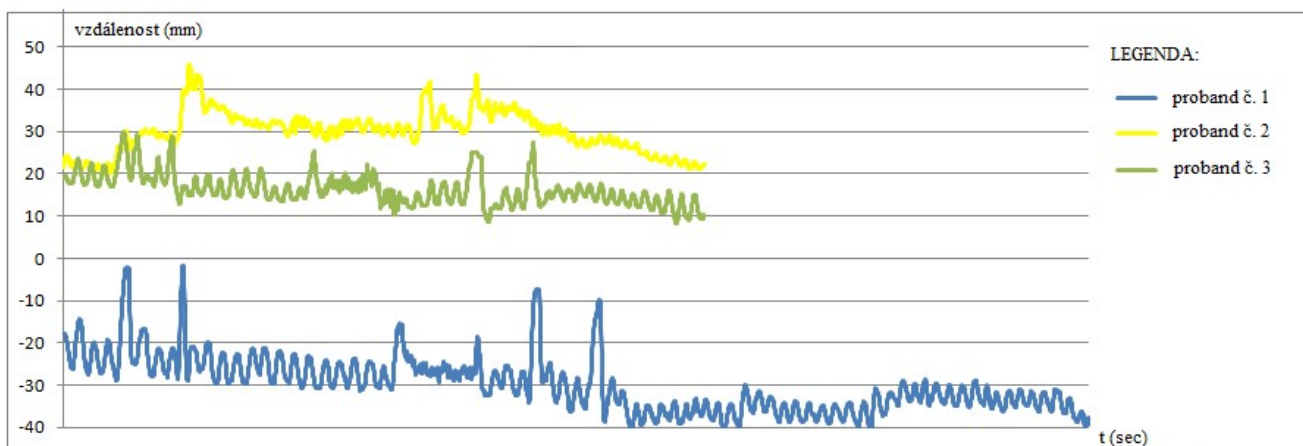
Graf na obr. 42 zaznamenává celý průběh ventilačního manévru u všech tří probandů. Celý proces u probanda č. 1 je mnohem delší, než u zbylých dvou probandů a taktéž celá křivka je o 1 cm posunuta výše oproti probandovi č. 2 a 0,7 cm oproti probandovi č. 3, což může být dáno anatomickým postavením hrudního koše a pánve.



Obr. 42: Srovnání ventilačního manévru u jednotlivých probandů

❖ *Th9 – SIAS, předozadní směr – osa Y*

Křivka probanda č. 1 je výrazně posunuta do záporných hodnot, o 4 cm oproti ostatním probandům. Jeden z důvodů by mohla být poloha probanda a vzájemný sklon trupu a pánve.

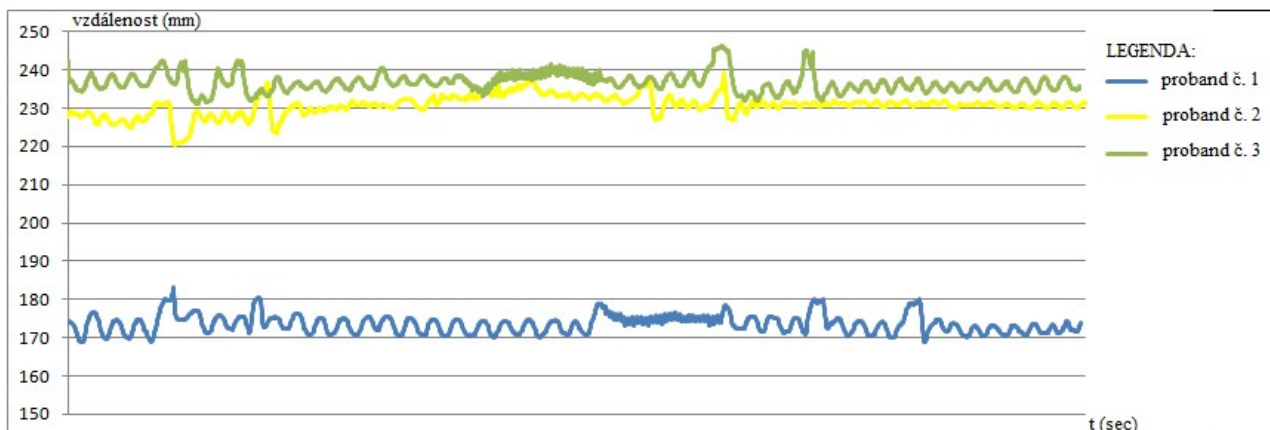


Obr. č 43: Srovnání ventilačního manévru u jednotlivých probandů

Experimentální část

❖ *Th9 (přední a zadní levý marker), předozadní směr – osa Y*

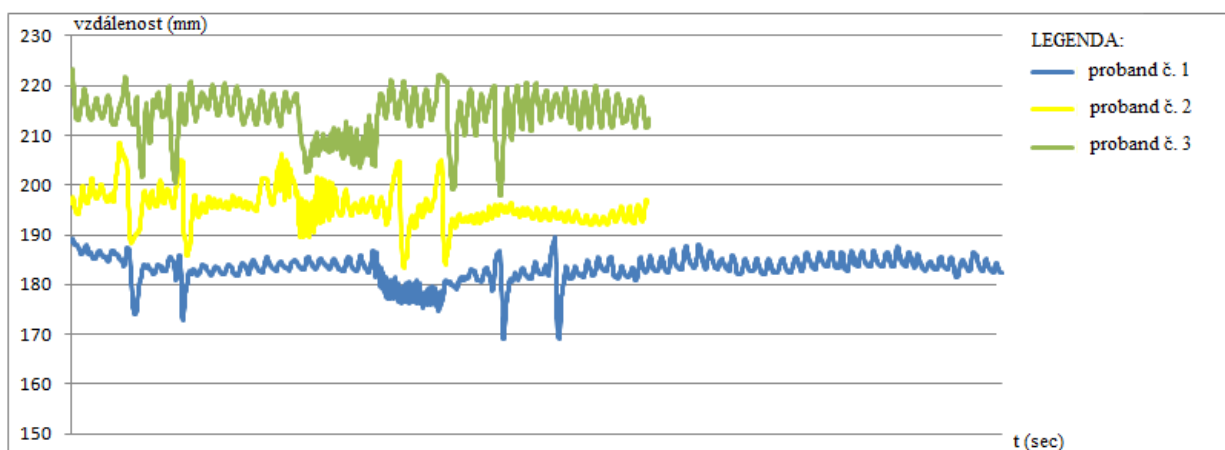
Křivka probanda č. 1 je v tomto případě posunuta níže o 0,6 cm, protože se jedná o probanda ženského pohlaví, tudíž je tělesná stavba hrudníku odlišná od probandů č. 2 a č. 3 mužského pohlaví.



Obr. 44: Srovnání ventilačního manévru u jednotlivých probandů

❖ *L3 (přední a zadní levý marker, předozadní směr – osa Y)*

I v tomto grafu záleží hodnota, na které křivka začíná, na anatomické stavbě těla. Nejsou zde viditelné žádné výrazné odlišnosti.

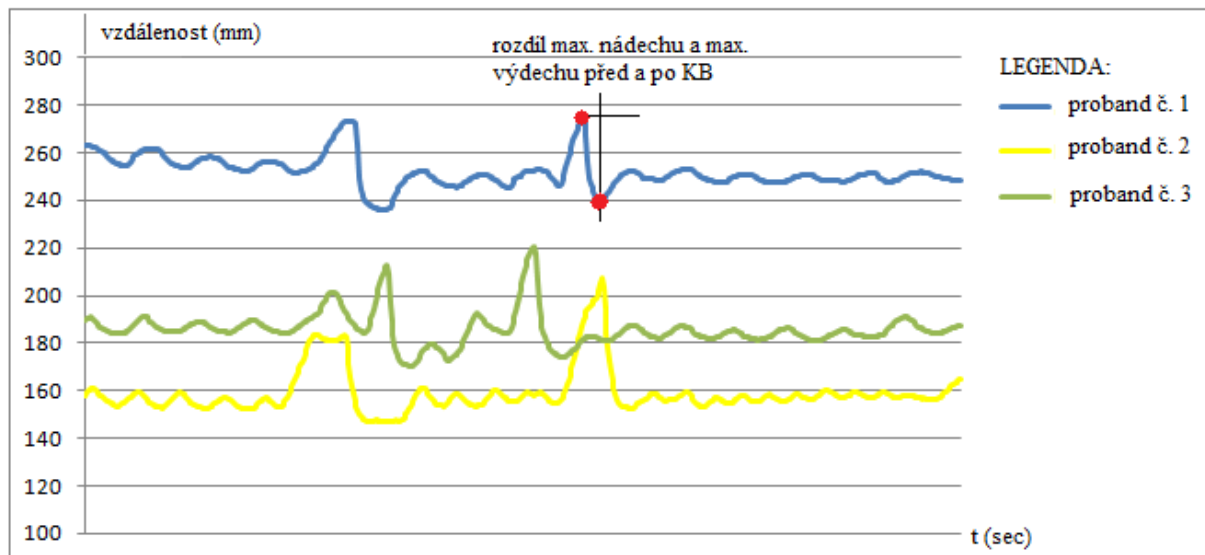


Obr. 45: Srovnání ventilačního manévru u jednotlivých probandů

Experimentální část

VÝPOČET ROZDÍLU PŘED, BĚHEM A PO KAPALABHATI

Graf na obr. 46 ukazuje, z kterých hodnot je vypočítáván rozdíl před, během a po provedení Kapalabhati. Tento graf je stejný pro všechny čtyři vyhodnocované parametry.



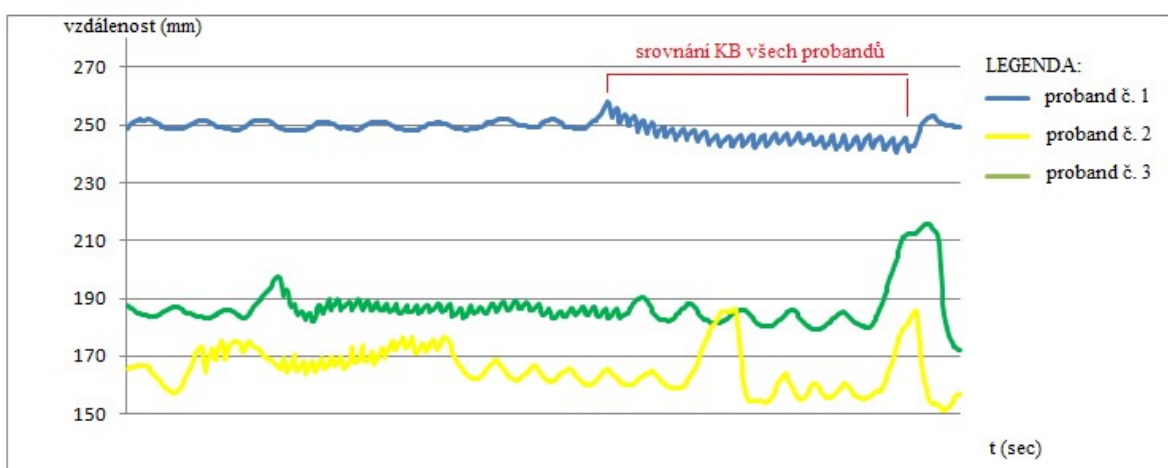
Obr. 46: Výpočet rozdílu před, během a po Kapalabhati

Experimentální část

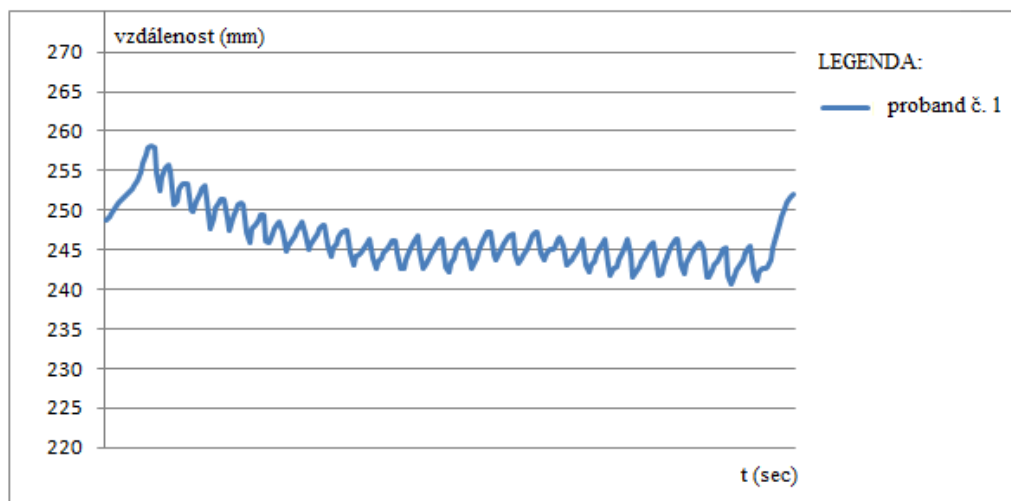
KAPALABHATI

Následující 3 grafy vždy znázorňují detailnější průběh Kapalabhati. V prvním grafu je manévr všech tří probandů pro znázornění, další pak ukazují jednotlivé probandy. Vzhledem k tomu, že počáteční hodnoty probanda č. 2 a probanda č. 3 jsou si velice podobné, byly křivky umístěny do jednoho grafu.

❖ *Th9 – SIAS, vertikální směr – osa Z*

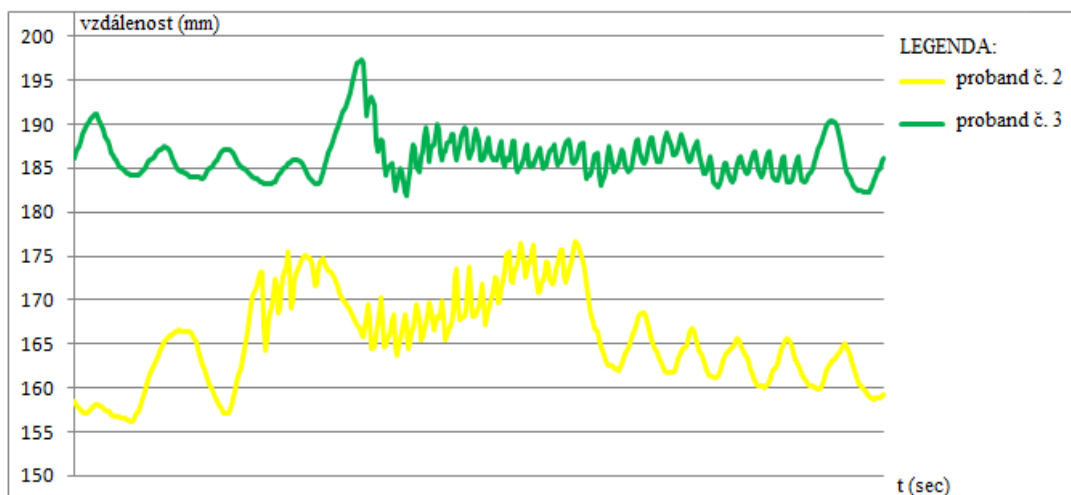


Obr. 47: Kapalabhati všech probandů s vyznačením oblasti zájmu



Obr. 48: Průběh Kapalabhati u probanda č. 1

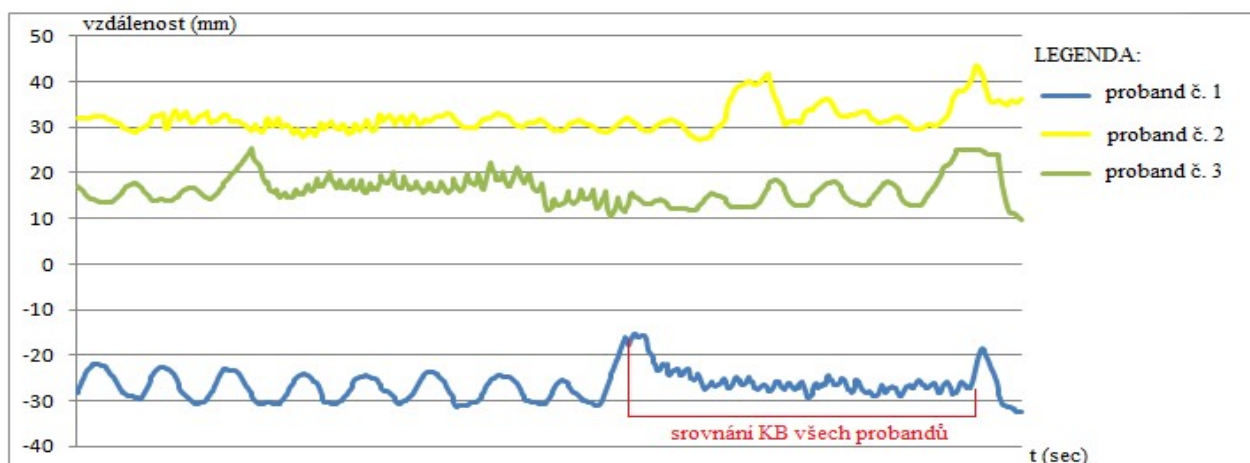
Experimentální část



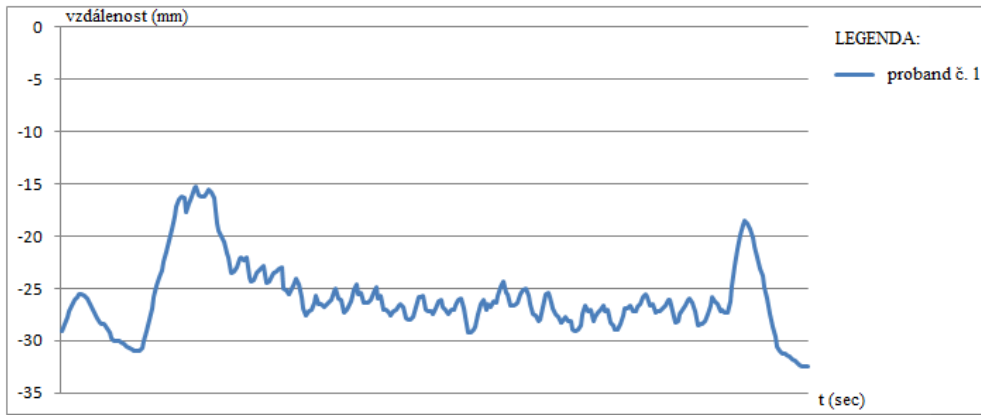
Obr. 49: Průběh Kapalabhati u probandů č. 2 a č. 3

U probanda č. 1 se vzdálenost (reprezentovaná střední hodnotou, okolo které jsou uskutečněny jednotlivé vlny) postupně snižuje, u probanda č. 2 se pohybuje ve vlnách a u probanda č. 3 se naopak zvyšuje. Tyto rozdíly by mohly být dány postavením hrudníku během manévru jednotlivých probandů. Protože samotný manévr je pro netrénovaného jedince náročný, každý proband měl své specifické postavení – proband č. 1 postupně svůj trup předkláněl (pohyb do flexe), proband č. 3 se naopak pokoušel více narovnat (pohyb páteře do extenze) a proband č. 2 udržel svůj trup v rovině.

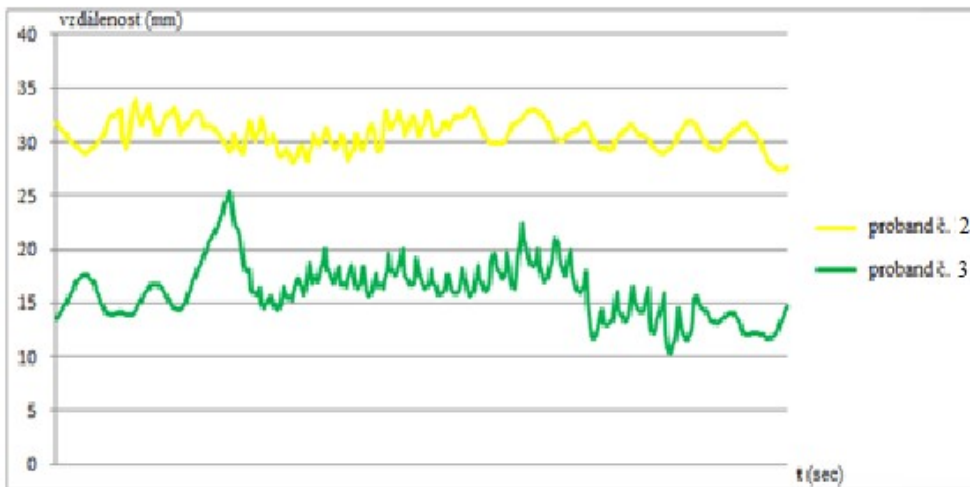
❖ *Th9 – SIAS, předozadní směr – osa Y*



Obr. 50: Kapalabhati všech probandů s vyznačením oblasti zájmu



Obr. 50: Průběh Kapalabhati u probanda č. 1

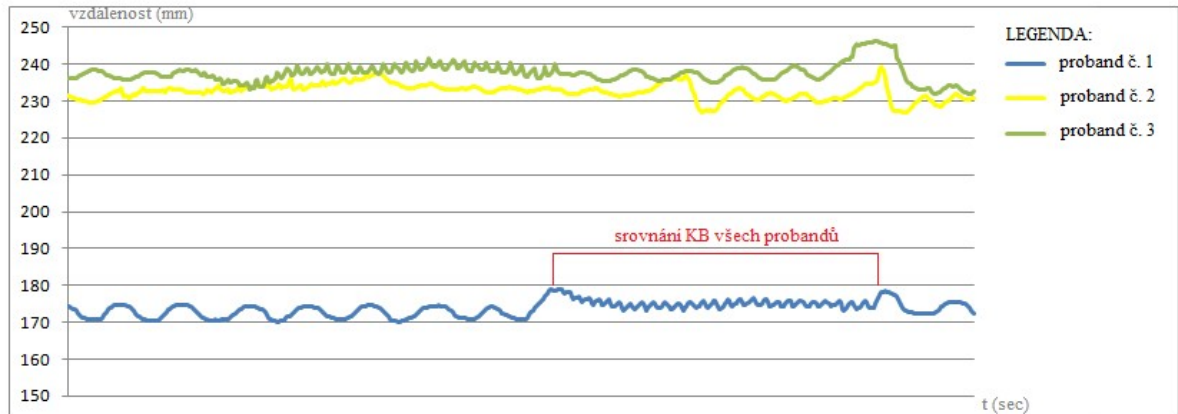


Obr. 51: Průběh Kapalabhati u probandů č. 2 a č. 3

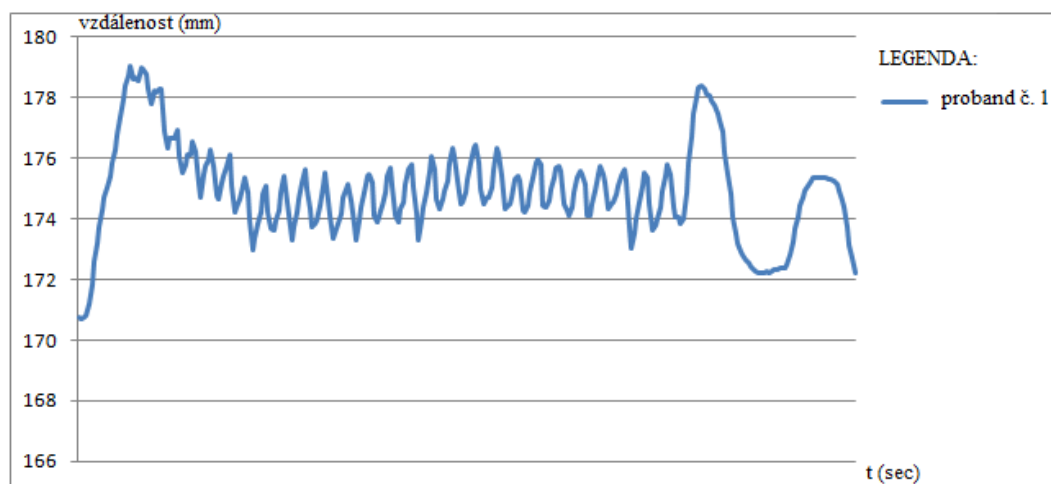
Vzdálenosti, reprezentované střední hodnotou, okolo které jsou uskutečněny jednotlivé vlny, se v tomto směru příliš neliší. U všech tří probandů je průběh téměř lineární, postavení hrudníku během Kapalabhati zde nemá takový význam.

Experimentální část

❖ *Th9 (přední a zadní levý marker), předozadní směr – osa Y*

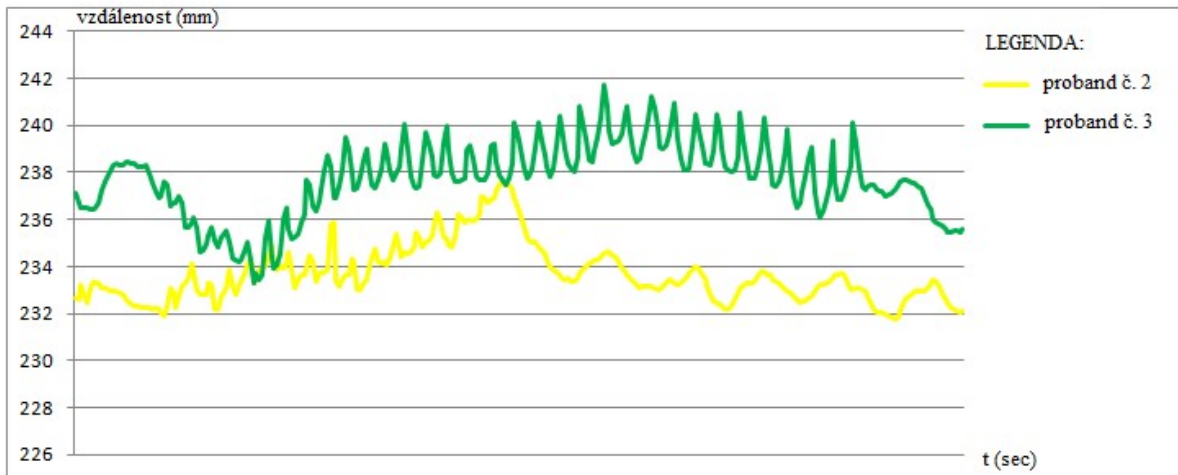


Obr. 52: Kapalabhati všech probandů s vyznačením oblasti zájmu



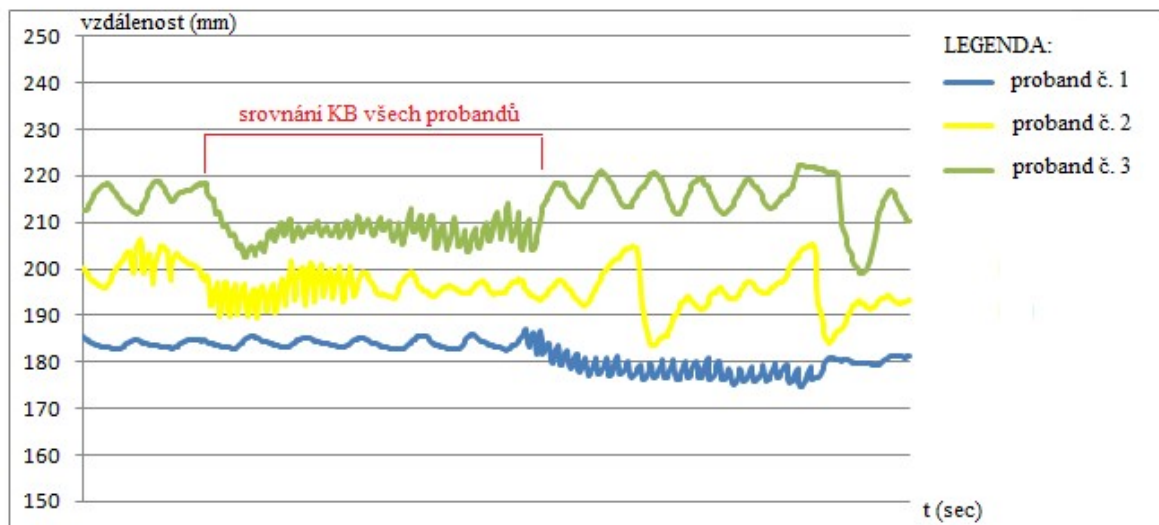
Obr. 53: Průběh Kapalabhati u probanda č. 1

Experimentální část



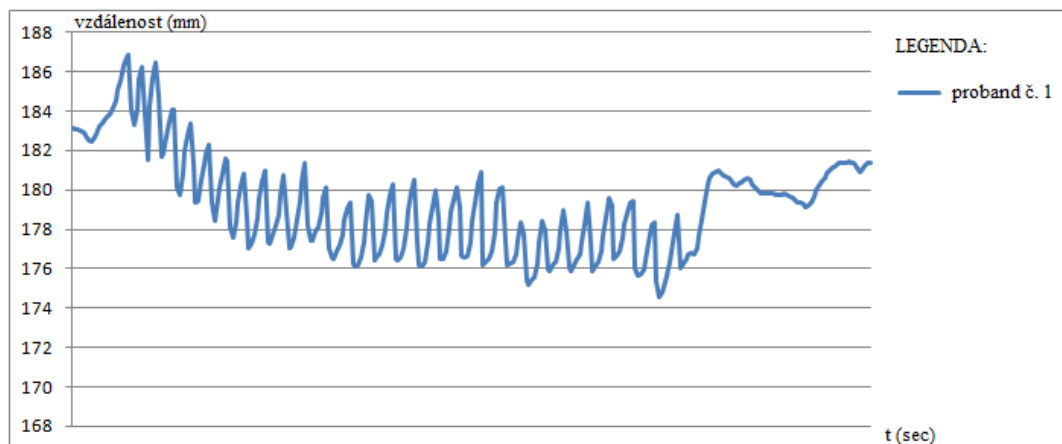
Obr. 54: Průběh Kapalabhati u probandů č. 2 a č. 3

❖ *L3 (přední a zadní levý marker), předozadní směr – osa Y*

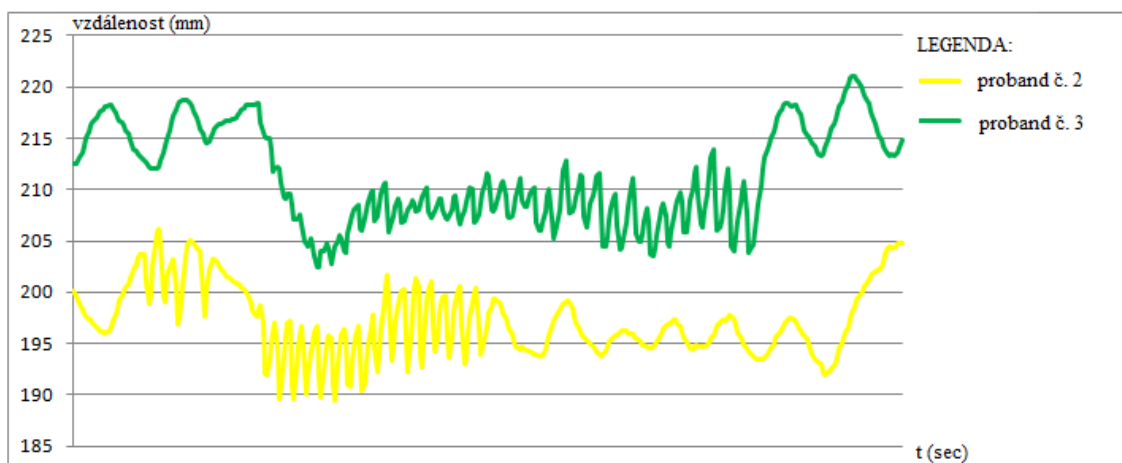


Obr. 55: Kapalabhati všech probandů s vyznačením oblasti zájmu

Experimentální část



Obr. 56: Průběh Kapalabhati u probanda č. 1



Obr. 57: Průběh Kapalabhati u probandů č. 2 a č. 3

Ve všech třech parametrech vyhodnocení v předozadním směru (Th9-SIAS, Th9, L3) je průběh Kapalabhati téměř totožný. Křivka probanda č. 1 vždy na počátku poklesne a po zbytek manévru se drží v nižší hladině. Průběh křivky probanda č. 2 je většinou parabolický, střídají se nižší a vyšší hodnoty. Proband č. 3 svou křivku zvýší v druhé polovině Kapalabhati.

Experimentální část

TABULKY HODNOT

❖ *Th9 – SIAS, vertikální směr – osa Z*

Tabulka hodnot níže nám udává vzdálenosti v mm bodů Th9 a L3. Hodnoty vzdáleností během Kapalabhati jsou u všech tří probandů podobné – rozdíl nádechu a výdechu se pohybuje ve stejné hladině a jejich rozdíly nejsou tak výrazné kromě probanda č. 1 při počátečním nádechu a výdechu, ve srovnání s dalšími probandy je

jeho rozdíl větší o 0,7 mm.

Typ dýchání	Proband č. 1	Proband č. 2	Proband č. 3
maximální nádech před KB	273,3	207,4	220,4
maximální výdech před KB	246,1	154,9	174,0
rozdíl	27,2	52,5	46,4
nádech zač. KP	258,1	173,2	236,5
výdech zač. KB	248,8	170,5	235,4
rozdíl	9,3	2,7	1,1
nádech pokr KB	246,3	166,9	239,1
výdech pokr KB	243,1	166,4	237,8
rozdíl	3,2	0,6	3,5
nádech konec	246,3	175,1	237,1
výdech konec	243,1	171,3	236,8
rozdíl	3,1	3,7	3,1
maximální nádech po KB	261,8	182,4	212,8
maximální výdech po KB	232,5	153,9	173,9
rozdíl	29,3	28,49	38,9

Obr. 58: Tabulky hodnot celého dechového cyklu

❖ *Th9 – SIAS, předozadní směr – osa Y*

Jak již bylo zmíněno výše, celá křivka probanda č. 1 se pohybuje v záporných

Typ dýchání	Proband č. 1	Proband č. 2	Proband č. 3
maximální nádech před KB	-28,5	45,2	28,9
maximální výdech před KB	-1,8	37,9	12,9
rozdíl	-26,7	7,3	16,0
nádech zač. KP	-31,0	32,9	38,6
výdech zač. KB	-16,2	32,2	36,0
rozdíl	-14,8	0,7	2,6
nádech pokr KB	-21,9	32,9	40,1
výdech pokr KB	-24,2	29,3	36,5
rozdíl	2,3	3,6	3,5
nádech konec	-25,8	32,8	38,8
výdech konec	-27,2	29,0	35,7
rozdíl	1,4	3,8	3,1
maximální nádech po KB	-9,7	43,4	27,3
maximální výdech po KB	-38,8	36,8	12,3
rozdíl	29,1	6,56	15,0

hodnotách. V porovnání rozdílu max. nádechu a výdechu před, hned na začátku a na konci ventilačního manévru je u probanda č. 1 posun vždy min. o 1 – 1,5 mm větší.

Obr. 59: Tabulky hodnot celého dechového cyklu

Experimentální část

❖ Th9 (přední a zadní levý marker), předozadní směr – osa Y

Tabulka hodnot níže nám udává vzdálenosti v mm bodů Th9 v předozadním směru. Hodnoty během Kapalabhati a po něm jsou si velice podobné, příliš se neliší a není zde patrná žádná velká odchylka.

Typ dýchání	Proband č. 1	Proband č. 2	Proband č. 3
maximální nádech před KB	180,3	236,38	242,2
maximální výdech před KB	172,8	224,04	232,3
rozdíl	7,2	12,34	9,9
nádech zač. KP	179,0	233,5	236,5
výdech zač. KB	178,5	232,9	235,9
rozdíl	0,5	0,7	0,6
nádech pokr KB	175,7	234,6	239,1
výdech pokr KB	173,9	233,1	237,8
rozdíl	1,8	1,6	1,3
nádech konec	175,2	236,1	237,5
výdech konec	174,5	234,8	237,1
rozdíl	0,7	1,2	0,4
maximální nádech po KB	179,9	238,4	243,8
maximální výdech po KB	169,0	227,8	232,5
rozdíl	10,9	10,58	11,3

Obr. 60: Tabulky hodnot celého dechového cyklu

❖ L3 (přední a zadní levý marker), předozadní směr – osa Y

U všech tří probandů se vzdálenosti po provedení Kapalabhati oproti max. nádechu a výdechu před Kapalabhati zvětšily, nejvýrazněji u probanda č. 1, o 0,7 mm.

Typ dýchání	Proband č. 1	Proband č. 2	Proband č. 3
maximální nádech před KB	185,8	204,8	219,9
maximální výdech před KB	173,1	186,3	200,3
rozdíl	12,7	18,5	19,6
nádech zač. KP	186,5	198,7	204,7
výdech zač. KB	183,2	191,8	202,7
rozdíl	3,2	6,9	2,0
nádech pokr KB	180,3	196,5	208,2
výdech pokr KB	176,4	190,9	203,8
rozdíl	3,8	5,55	4,4
nádech konec	179,6	200,2	210,7
výdech konec	176,5	193	203,9
rozdíl	3,1	7,19	6,8
maximální nádech po KB	189,4	204,3	219,8
maximální výdech po KB	169,0	184,6	198,0
rozdíl	20,4	19,7	21,8

A také se zvětšila o 0,4 mm vzdálenost na začátku a na konci Kapalabhati u probanda č. 3

Obr. 61: Tabulky hodnot celého dechového cyklu

Experimentální část

PROCENTUÁLNÍ ZHODNOCENÍ

U procentuálního zhodnocení nás zajímalo, jak se po Kapalabhati maximální nádech změní. Vycházeli jsme z toho, že maximální nádech a výdech před Kapalabhati a jejich rozdíl byl roven 100% a podle toho jsme porovnali jednotlivá data.

Dále nás zajímalo, zda se velikost nádechu a výdechu v průběhu Kapalabhati změní a jak je velký oproti maximálnímu nádechu a výdechu.

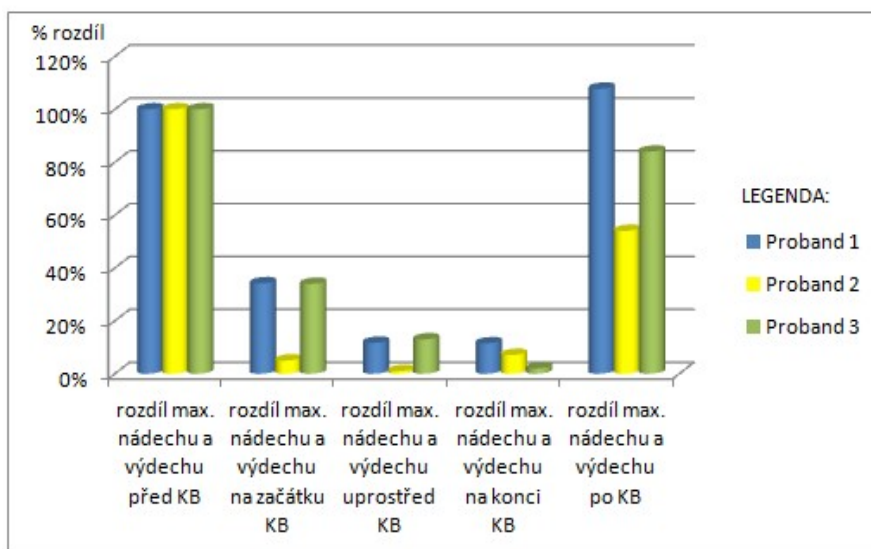
❖ *Th9 – SIAS, vertikální směr – osa Z*

Typ dýchání	Proband 1	Proband 2	Proband 3
rozdíl max. nádechu a výdechu před KB	100%	100%	100%
rozdíl max. nádechu a výdechu na začátku KB	34%	5%	34%
rozdíl max. nádechu a výdechu uprostřed KB	12%	1%	13%
rozdíl max. nádechu a výdechu na konci KB	12%	7%	2%
rozdíl max. nádechu a výdechu po KB	108%	54%	84%

Obr. 62: tabulka hodnot v %

U dvou probandů se rozdíl zmenšil, což by se dalo vysvětlit tím, že má jedinec větší množství kyslíku a nepotřebuje tolik dýchat. Tyto hodnoty pak budou v závěru porovnány se spirometrickými daty, zda tomu tak opravdu je, nebo není.

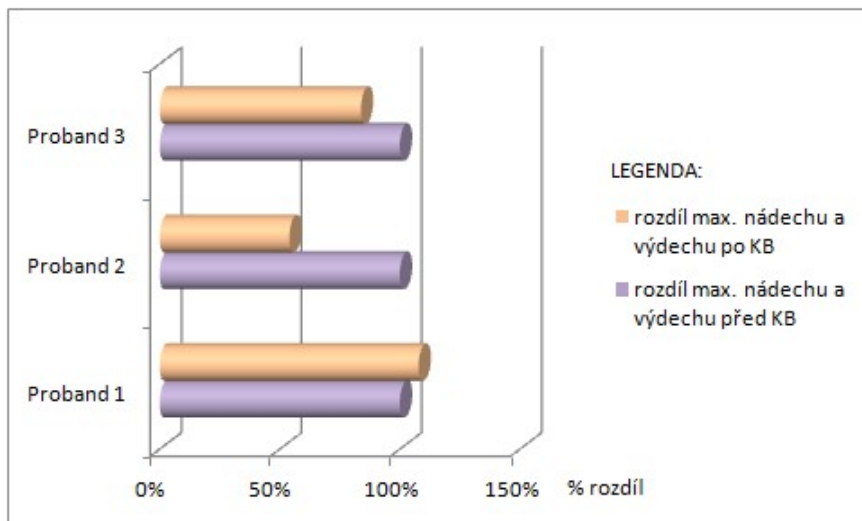
Proband č. 2, na rozdíl od ostatních, velikost nádechu a výdechu postupně zvyšoval ke konci Kapalabhati, zbylí dva probandi tyto hodnoty naopak snižovali.



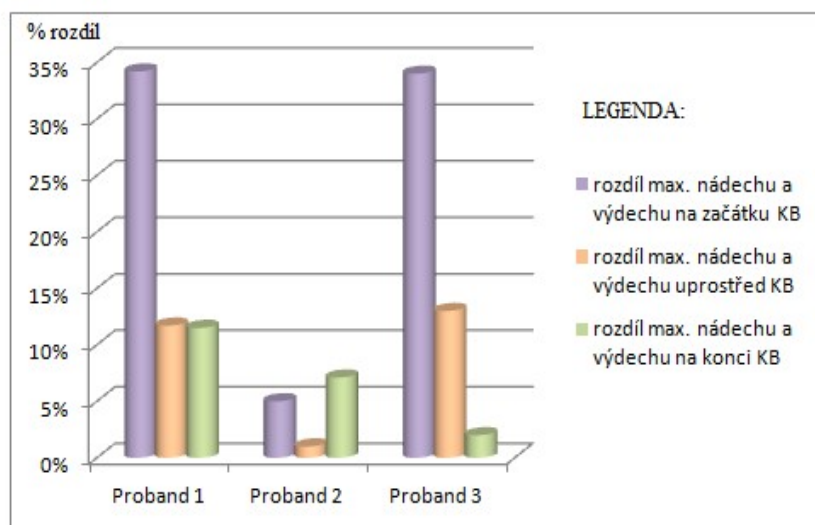
Obr. 63: % zhodnocení rozdílů vzhledem k prvnímu max. nádechu a výdechu

Experimentální část

U probanda č. 1 došlo k navýšení zhruba o 8% po Kapalabhati, v průběhu Kapalabhati celkově převýšení u všech probandů kleslo oproti výchozí hodnotě a po manévru opět došlo ke zvýšení.



Obr. 64: % zhodnocení rozdílů vzhledem k prvnímu max. nádechu a výdechu – KB



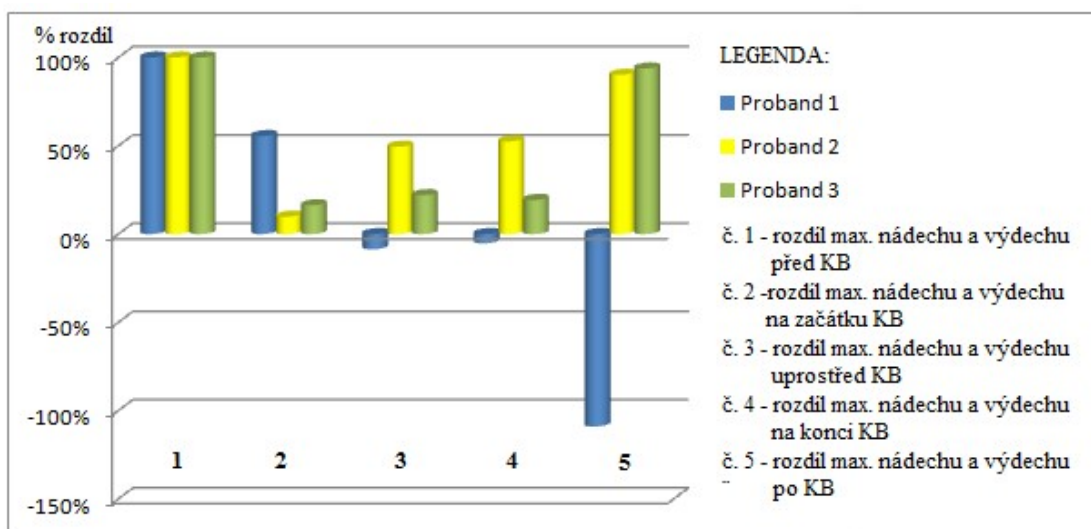
Obr. 65: %rozdíl před a po Kapalabhati

Experimentální část

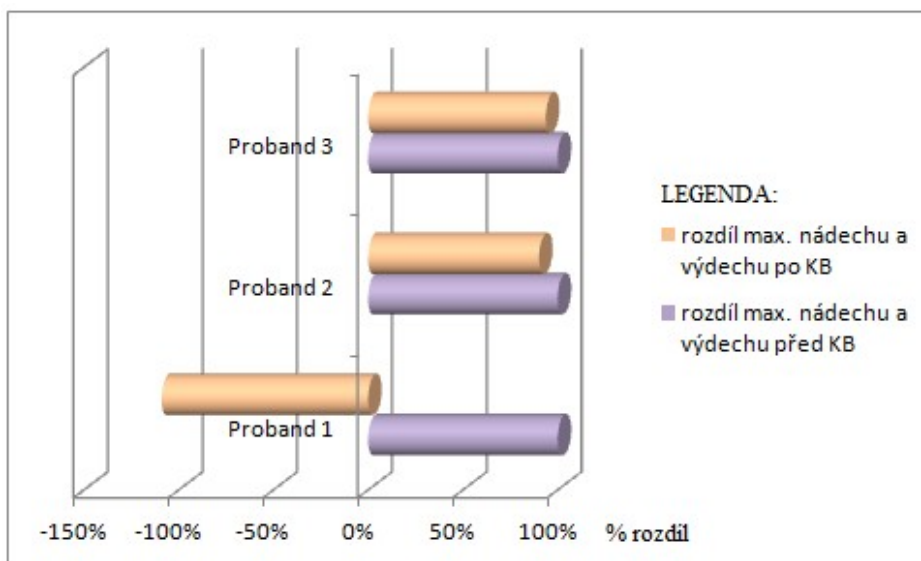
❖ Th9 – SIAS, předozadní směr – osa Y

Typ dýchání	Probant 1	Probant 2	Probant 3
rozdíl max. nádechu a výdechu před KB	100%	100%	100%
rozdíl max. nádechu a výdechu na začátku KB	55,5%	9,8%	16,3%
rozdíl max. nádechu a výdechu uprostřed KB	-8,6%	49,5%	22,0%
rozdíl max. nádechu a výdechu na konci KB	-5,2%	52,5%	19,3%
rozdíl max. nádechu a výdechu po KB	-109,0%	90,2%	93,8%

Obr. 66: tabulka hodnot v % (Th9 – SIAS, předozadní směr)

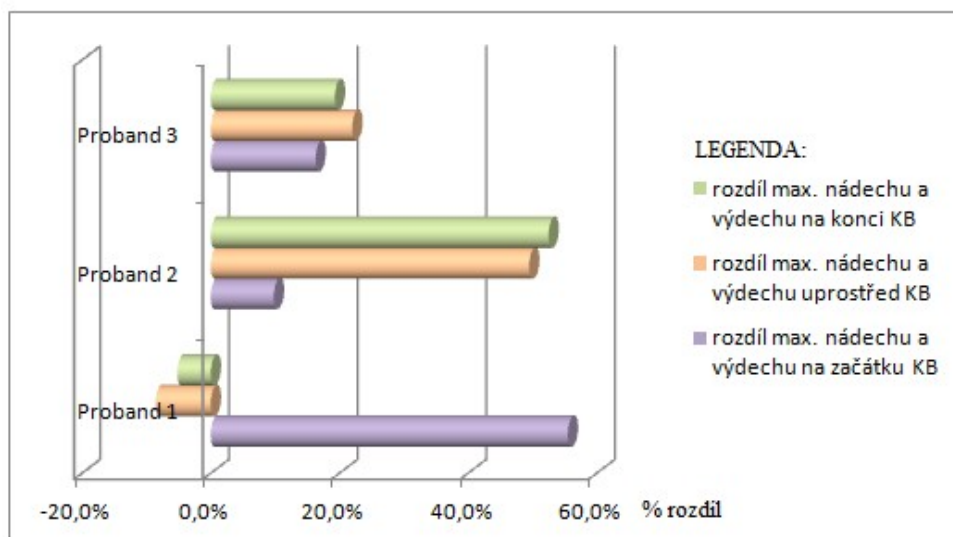


Obr. 67: % zhodnocení rozdílů vzhledem k prvnímu max. nádechu a výdechu



Obr. 68: % zhodnocení rozdílů vzhledem k prvnímu max. nádechu a výdechu – KB

Experimentální část

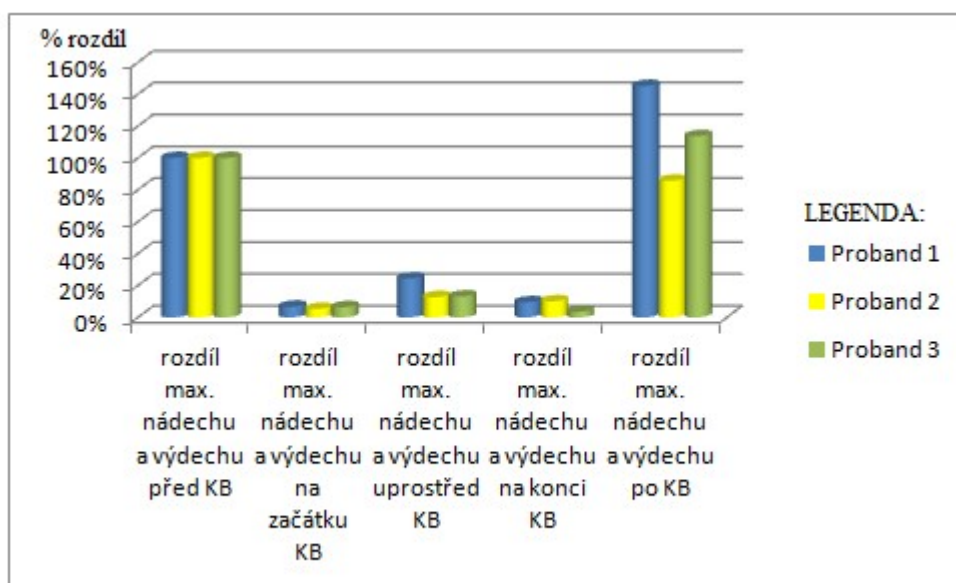


Obr. 69: % rozdíl před a po Kapalabhati

❖ Th9 (přední a zadní levý marker), předozadní směr – osa Y

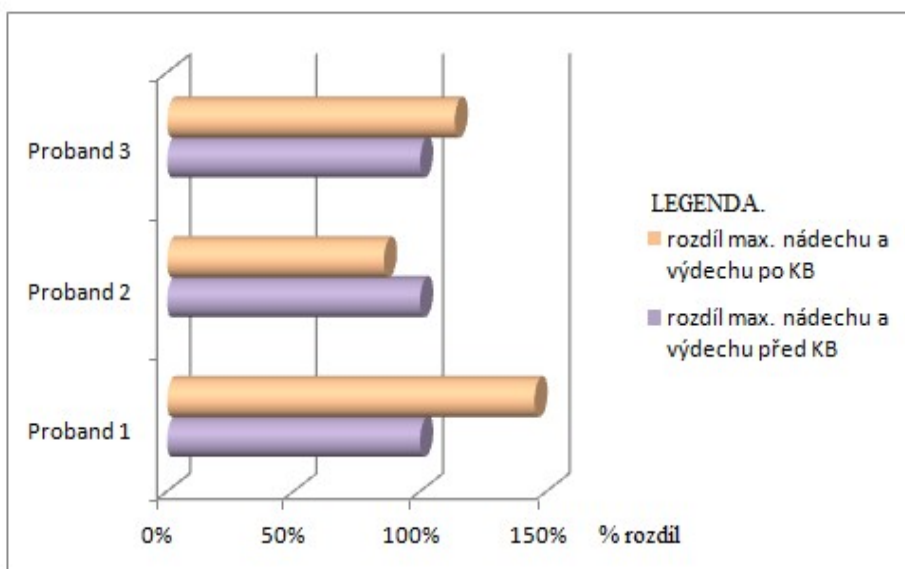
Typ dýchání	Probant 1	Probant 2	Probant 3
rozdíl max. nádechu a výdechu před KB	100%	100%	100%
rozdíl max. nádechu a výdechu na začátku KB	6,7%	5,3%	6,4%
rozdíl max. nádechu a výdechu uprostřed KB	24,4%	12,7%	13,1%
rozdíl max. nádechu a výdechu na konci KB	9,5%	10,1%	3,5%
rozdíl max. nádechu a výdechu po KB	145,2%	85,7%	113,7%

Obr. 70: Tabulka hodnot v % (Th9, předozadní směr)



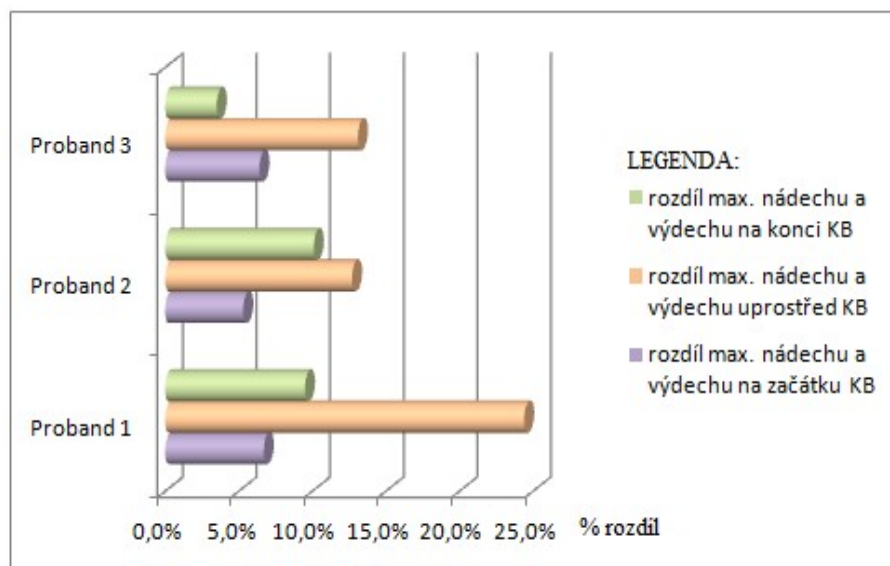
Obr.71: % zhodnocení rozdílů vzhledem k prvnímu max. nádechu a výdechu

Experimentální část



Obr. 72: % zhodnocení rozdílů vzhledem k prvnímu max. nádechu a výdechu – KB

Oproti hodnotám Th9 – SIAS (vertikální směr), kdy došlo po Kapalabhati k poklesu rozdílu max. nádechu a výdechu, v tomto případě je výsledek zcela opačný a u dvou probandů došlo k nárustu o 45% u probanda č. 1 a 13% u probanda č. 3. Proband č. 2 má % rozdíl menší po Kapalabhati, stejně jako u Th9 – SIAS (vertikální směr).



Obr. 73: % rozdíl před a po Kapalabhati

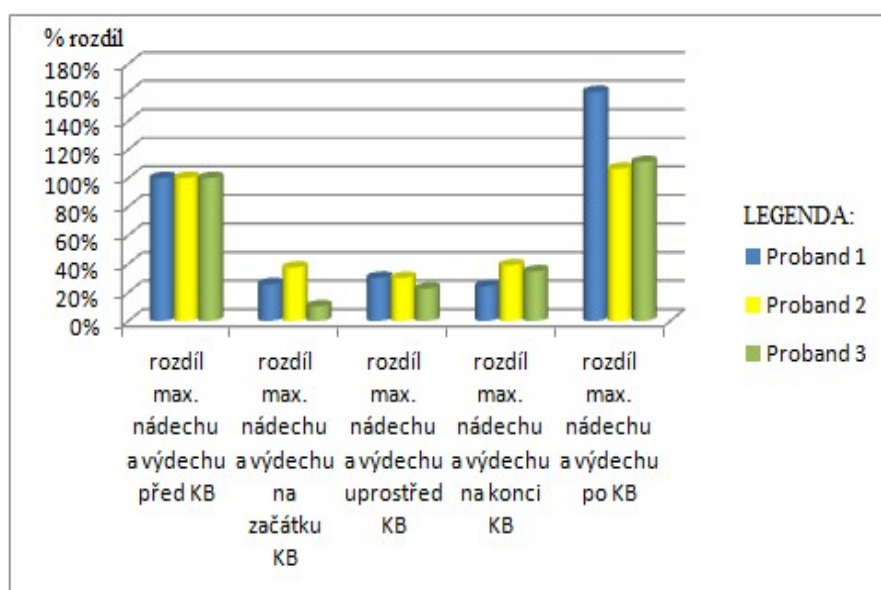
Začátek Kapalabhati ukazuje u všech tří probandů hodnoty podobné. Uprostřed Kapalabhati došlo k nápadnému nárustu u probanda č. 1, a to o 12% oproti ostatním probandům. Konec Kapalabhati u probanda č. 3 je výrazně menší, zhruba o 7%.

Experimentální část

❖ L3 (přední a zadní levý marker), předožadní směr – osa Y

Typ dýchání	Probant 1	Probant 2	Probant 3
rozdíl max. nádechu a výdechu před KB	100%	100%	100%
rozdíl max. nádechu a výdechu na začátku KB	25,7%	37,3%	10,2%
rozdíl max. nádechu a výdechu uprostřed KB	30,2%	30,0%	22,6%
rozdíl max. nádechu a výdechu na konci KB	24,2%	38,9%	34,7%
rozdíl max. nádechu a výdechu po KB	160,3%	106,5%	111,2%

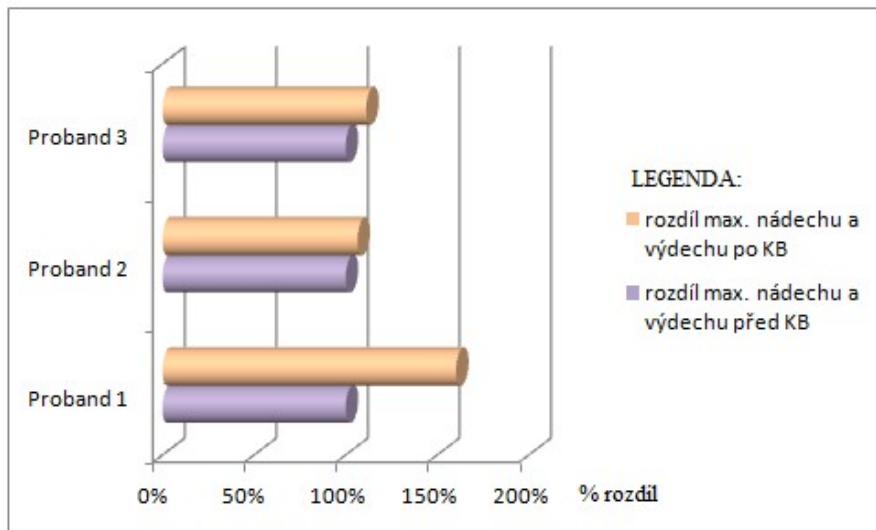
Obr. 74: Tabulka hodnot v % (L3, předožadní směr)



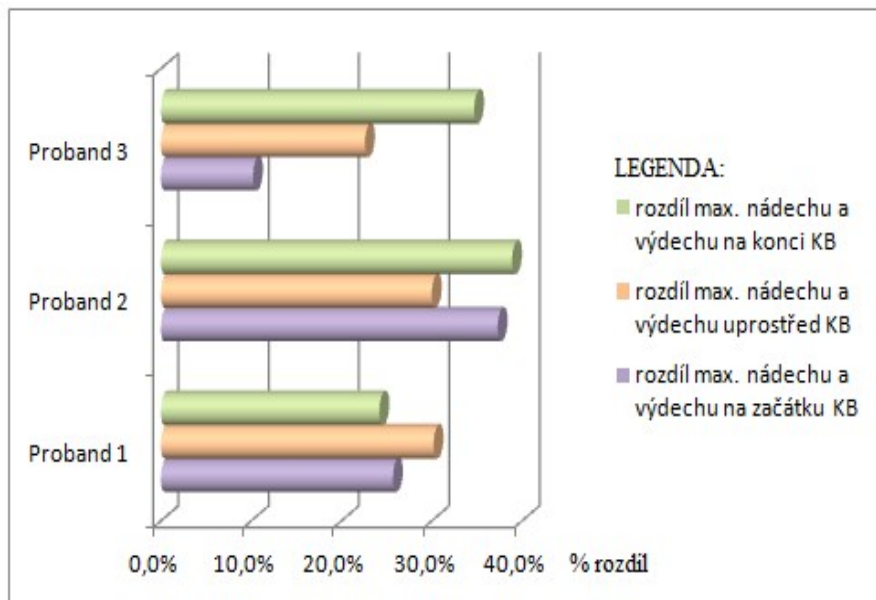
Obr. 75: % zhodnocení rozdílů vzhledem k prvnímu max. nádechu a výdechu

U markerů L3 v předožadním směru je viditelný nárůst rozdílu max. nádechu a výdechu po Kapalabhati, nejvíce u probanda č. 1, což je stejné jako u markerů Th9 v předožadním směru, nárůst je o 60%. U probanda č. 2 se jedná o nárůst 6% a probanda č. 3 11%. Tyto hodnoty nejsou příliš výrazné.

Experimentální část



Obr. 76: % zhodnocení rozdílů vzhledem k prvnímu max. nádechu a výdechu – KB



Obr. 77: % rozdíl před a po Kapalabhati

Nejvýraznější je nárůst vzdálenosti v průběhu Kapalabhati u probanda č. 3 z 11% na 34%. Probandi č. 1 a č. 2 mají rozdíl na začátku a konci Kapalabhati jen 1%.

5.2 Spirometrie

5.2.1 Hodnocené parametry

Pomocí spirometrie jsme hodnotili následující:

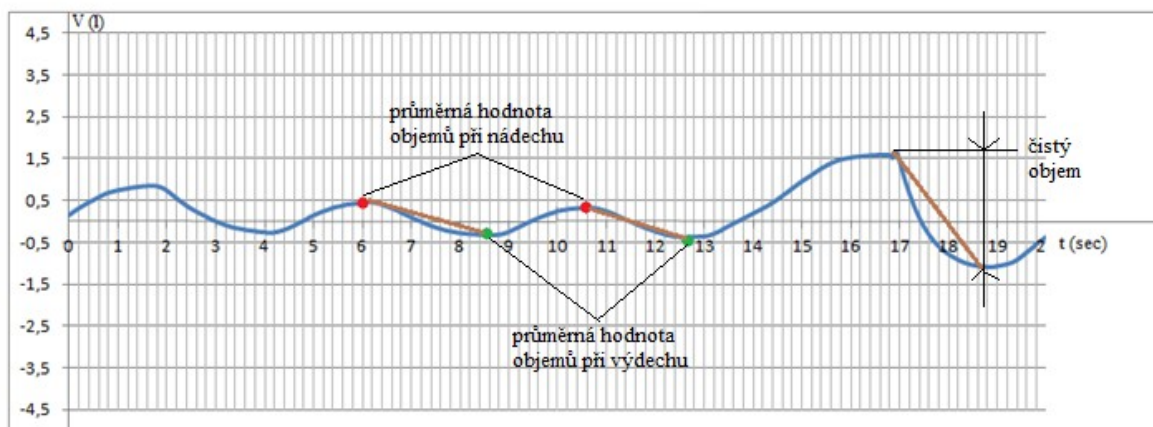
1. Průměrné hodnoty objemů celého ventilačního manévru

- A. Průměrné hodnoty objemu normálního nádechu a výdechu před provedením prvního maximálního nádechu a výdechu před Kapalabhati
- B. Průměrné hodnoty objemu normálního nádechu a výdechu během před provedením druhého maximálního nádechu a výdechu před Kapalabhati
- C. Průměrné hodnoty objemu normálního nádechu a výdechu na začátku, uprostřed a ke konci Kapalabhati
- D. Průměrné hodnoty objemu normálního nádechu a výdechu před provedením prvního maximálního nádechu a výdechu po Kapalabhati
- E. Průměrné hodnoty objemu normálního nádechu a výdechu během před provedením druhého maximálního nádechu a výdechu po Kapalabhati

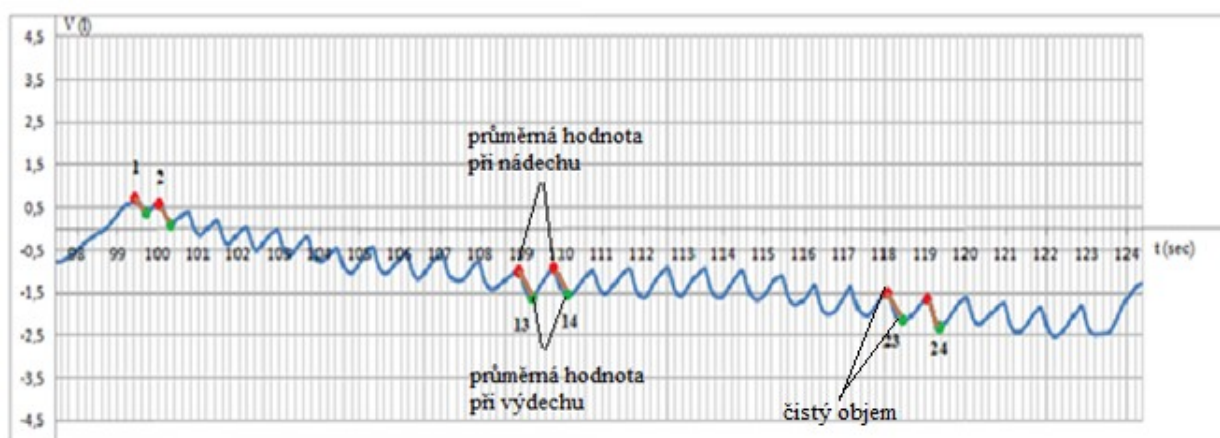
2. Čisté objemy zvolených nádechů a výdechů celého ventilačního manévru

- A. Čistý objem jednoho nádechu a výdechu v průběhu klidového dýchání a prvního maximálního nádechu a výdechu před Kapalabhati
- B. Čistý objem jednoho nádechu a výdechu v průběhu klidového dýchání a druhého maximálního nádechu a výdechu před Kapalabhati
- C. Čistý objem jednoho nádechu a výdechu před, v průběhu, a po provedení Kapalabhati
- D. Čistý objem jednoho nádechu a výdechu v průběhu klidového dýchání a prvního maximálního nádechu a výdechu po Kapalabhati
- E. Čistý objem jednoho nádechu a výdechu v průběhu klidového dýchání a druhého maximálního nádechu a výdechu po Kapalabhati

Experimentální část



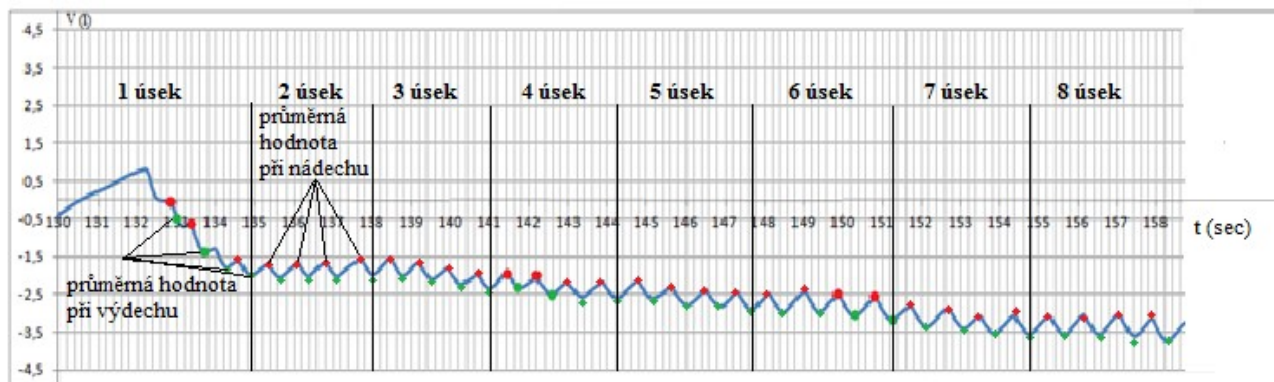
Obr. 78: Průměrné hodnoty a čisté objemy před a po Kapalabhati



Obr. 79: Průměrné hodnoty a čisté objemy na začátku, uprostřed a na konci Kapalabhati

3. Průměrné hodnoty objemu během Kapalabhati

A. Průměrné hodnoty objemu během Kapalabhati – celý průběh Kapalabhati jsem rozdělila na 8 úseků, každý obsahoval hodnoty čtyř nádechů a výdechů, z kterých byl udělán aritmetický průměr.

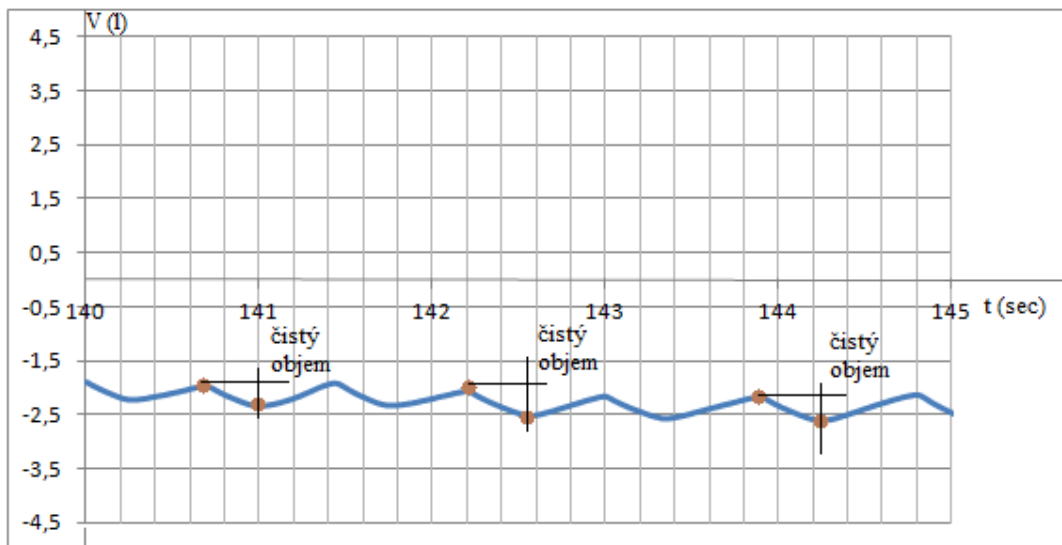


Obr. 80: Průměrné hodnoty objemu během Kapalabhati

Experimentální část

4. Čistý objem jednotlivých nádechů a výdechů během Kapalabhati

A. Čistý objem jednoho nádechu a výdechu v průběhu Kapalabhati



Obr. 81: Detail průběhu Kapalabhati – jednotlivé čisté objemy

Všechny data získané z těchto měření jsem vyhodnotila v programu Microsoft Office Excel zvlášť pro každého probanda a poté sjednotila do grafů a tabulek.

5.2.2 Výsledky

Před samotným vyhodnocením je třeba zdůraznit některé důležité poznatky:

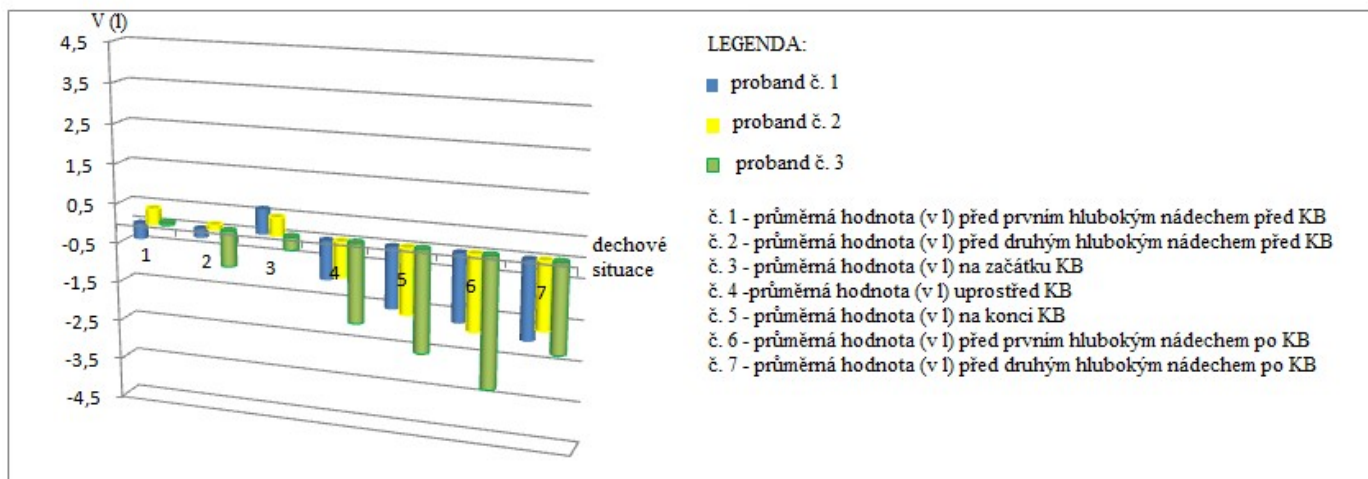
1. Je třeba podotknout, že čísla nejsou absolutní hodnoty, na začátku měření nebylo přesně definováno, zda se bude začínat nádechem nebo výdechem. Každý proband volně a klidně dýchal, měření bylo zahájeno bez ohledu na to, zda aktuálně provádí nádech nebo výdech.
2. Zajímá nás tedy jen vzájemný posun nádechu a výdechu během měření v rámci jedince.
3. Čistý objem je definován jako rozdíl – tedy na absolutních hodnotách nezávisí.
4. U probanda č. 1 a probanda č. 2 spirometr nezachytil data v závěru Kapalabhati, konkrétně od 29 nádechu a výdechu z dosud nezjištěných důvodů.

Experimentální část

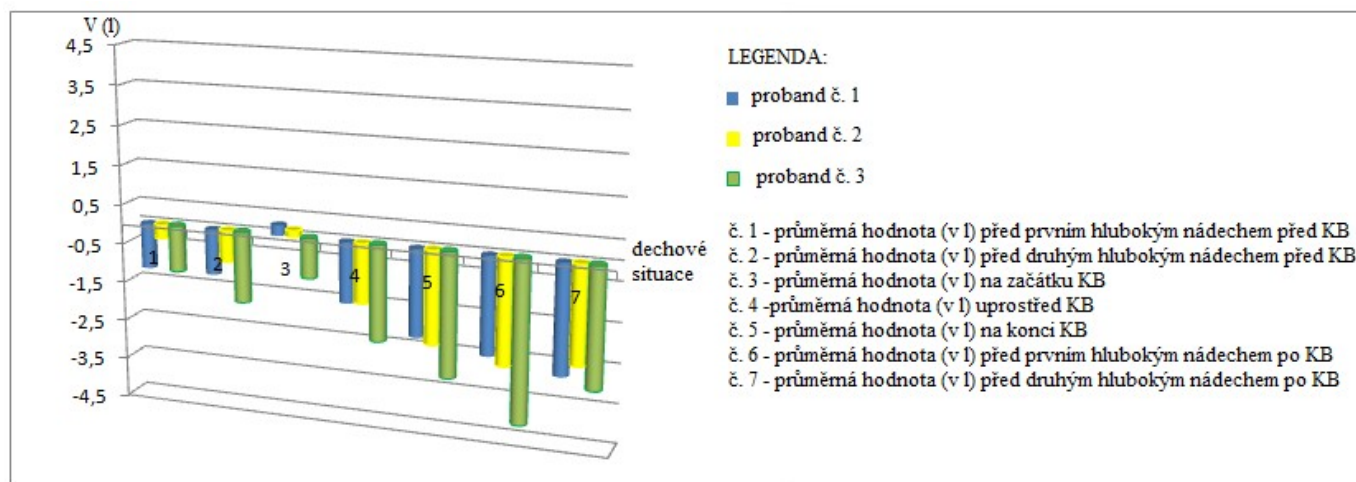
Jednotlivé výsledky dechových parametrů by se daly shrnout takto:

- ❖ Průměrné hodnoty (v l) v průběhu celého ventilačního manévru
- ❖ Průměrné hodnoty (v l) na začátku, uprostřed a na konci Kapalabhati
- ❖ Čistý objem (v l) v průběhu celého ventilačního manévru
- ❖ Čistý objem (v l) na začátku, uprostřed a na konci Kapalabhati

Průměrné hodnoty (v l) v průběhu celého ventilačního manévru



Obr. 81: Průměrné hodnoty nádechů v průběhu celého ventilačního manévru



Obr. 82: Průměrné hodnoty výdechů v průběhu celého ventilačního manévru

Experimentální část

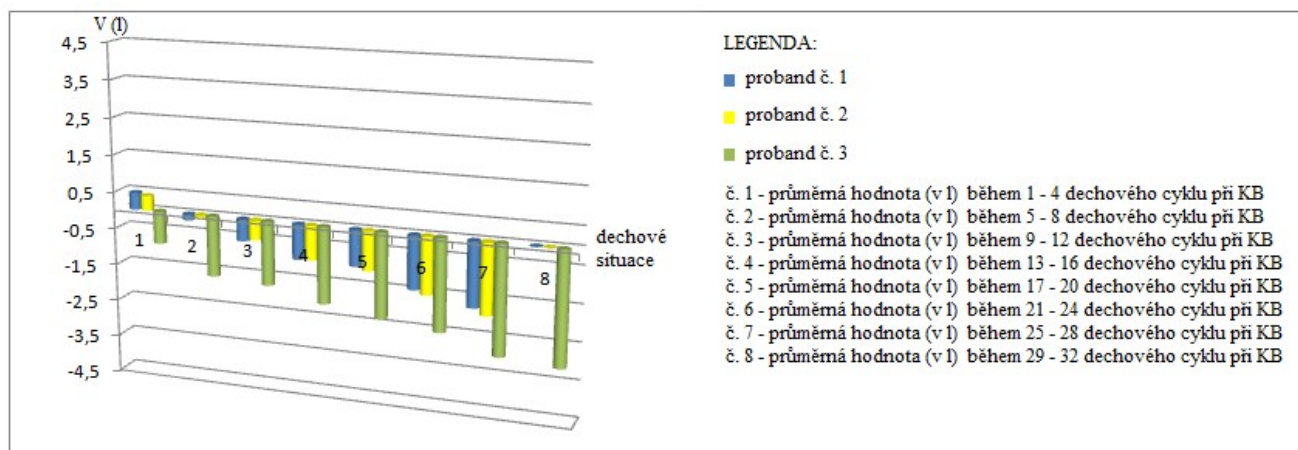
Typ dýchání	Proband č. 1		Proband č. 2		Proband č. 3	
	Nádech	Výdech	Nádech	Výdech	Nádech	Výdech
průměrná hodnota (v l) před prvním hlubokým nádechem před KB	-0,405	-1,155	0,39	-0,36	0,06	-1,175
průměrná hodnota (v l) před druhým hlubokým nádechem před KB	-0,23	-1,155	0,12	-0,8	-0,89	-1,8
průměrná hodnota (v l) na začátku KB	0,63	0,265	0,45	0,16	-0,325	-1,01
průměrná hodnota (v l) uprostřed KB	-0,975	-1,535	-0,88	-1,51	-1,985	-2,425
průměrná hodnota (v l) na konci KB	-1,53	-2,21	-1,64	-2,36	-2,555	-3,15
průměrná hodnota (v l) před prvním hlubokým nádechem po KB	-1,7	-2,48	-1,88	-2,69	-3,2555	-4,115
průměrná hodnota (v l) před druhým hlubokým nádechem po KB	-1,96	-2,78	-1,68	-2,48	-2,215	-3,035

Obr. 83: Tabulka hodnot pro všechny 3 probandy

Z tabulky a grafů výše je patrné, že průměrné hodnoty nádechových a výdechových objemů během klidového dýchání před provedením Kapalabhati jsou rozdílné, což může být dáno individuální anatomickou strukturou plic. Během Kapalabhati a po něm se průměrné hodnoty u probanda č. 1 a probanda č. 2 příliš neliší. U probanda č. 3 je patrný pokles objemů již od začátku měření, a to zhruba o 0,6 až 0,7 l během nádechu a 0,9 – 1l při výdechu. Zde by opět mohla hrát roli rozdílná anatomická stavba.

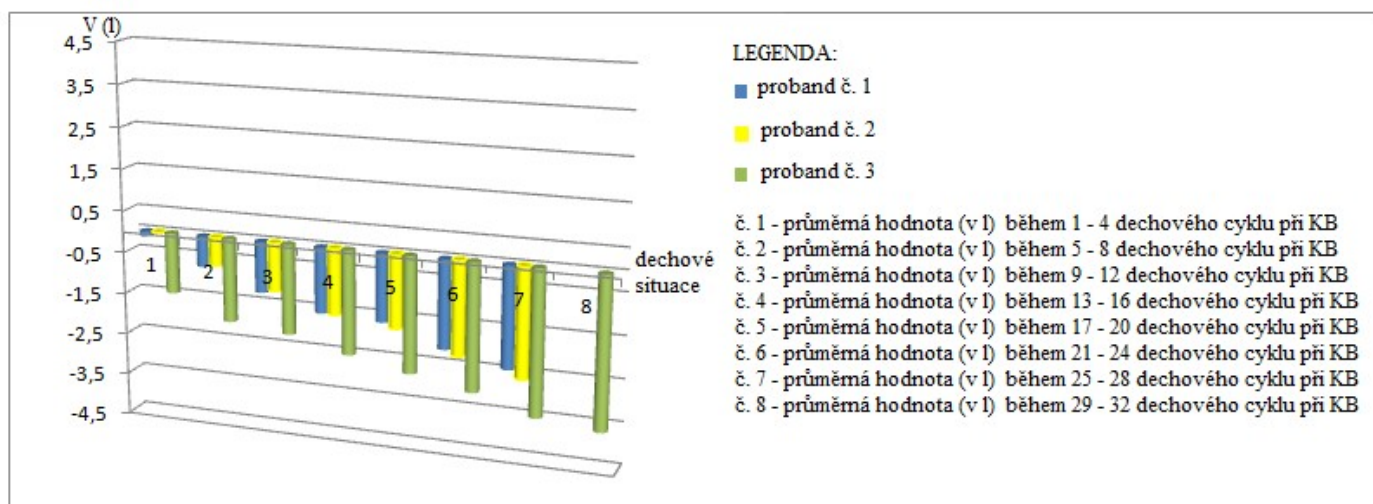
Od počátku Kapalabhati dochází k poklesu objemů převážně v první fázi ventilačního manévru. Fáze cyklu po provedení Kapalabhati má opět křivka podobný tvar jako před provedením manévru, ale posunula se do záporných hodnot (viz dále)

Průměrné hodnoty (v l) na začátku, uprostřed a na konci Kapalabhati



Obr. 8: Průměrné hodnoty nádechů během Kapalabhati

Experimentální část



Obr. 84: Průměrné hodnoty výdechů během Kapalabhati

Typ dýchání	Nádech	Výdech	Nádech	Výdech	Nádech	Výdech
č. 1 - průměrná hodnota (v l) během 1 - 4 dechového cyklu při KB	0,4625	-0,125	0,4025	-0,015	-0,88	-1,457
č. 2 - průměrná hodnota (v l) během 5 - 8 dechového cyklu při KB	-0,1625	-0,7375	-0,1	-0,6775	-1,635	-2,015
č. 3 - průměrná hodnota (v l) během 9 - 12 dechového cyklu při KB	-0,585	-1,2175	-0,5225	-1,155	-1,732	-2,167
č. 4 - průměrná hodnota (v l) během 13 - 16 dechového cyklu při KB	-0,94	-1,57	-0,9225	-1,575	-2,072	-2,507
č. 5 - průměrná hodnota (v l) během 17 - 20 dechového cyklu při KB	-0,9725	-1,6325	-1,0575	-1,75	-2,307	-2,787
č. 6 - průměrná hodnota (v l) během 21 - 24 dechového cyklu při KB	-1,435	-2,1175	-1,5375	-2,2425	-2,495	-3,0625
č. 7 - průměrná hodnota (v l) během 25 - 28 dechového cyklu při KB	-1,7475	-2,4225	-1,92	-2,6125	-2,96	-3,4825
č. 8 - průměrná hodnota (v l) během 29 - 32 dechového cyklu při KB	0	0	0	0	-3,075	-3,63

Obr. 85: Tabulka hodnot pro Kapalabhati

Z těchto výsledků je opět patrný pokles průměrné hladiny objemů, významněji u probanda č. 3.

U probanda č. 1 se průměrná nádechová hladina snížila z 0,4 l na -1,74 l, což činí rozdíl 2,2 l a výdechová hladina z -0,12 l na -2,42, rozdíl je 2,3 l.

Proband č. 2 začínal při nádechu na hodnotě 0,42 l a končil na hodnotě -1,92, výsledný rozdíl je tedy 2,3 l a při výdechu je to hodnota 2,6 l (z -0,01 l na -2,61).

Proband č. 3 se pohyboval na hodnotách -0,88 l na počátku během nádechů a -3,07 l ke konci, rozdíl činil 2,2 l, výdechová hladina se snížila z -1,45 l na -3,63 l, rozdíl je také 2,2 l.

Průměrný pokles během nádechu i výdechu činil 2,2 – 2,3 l.

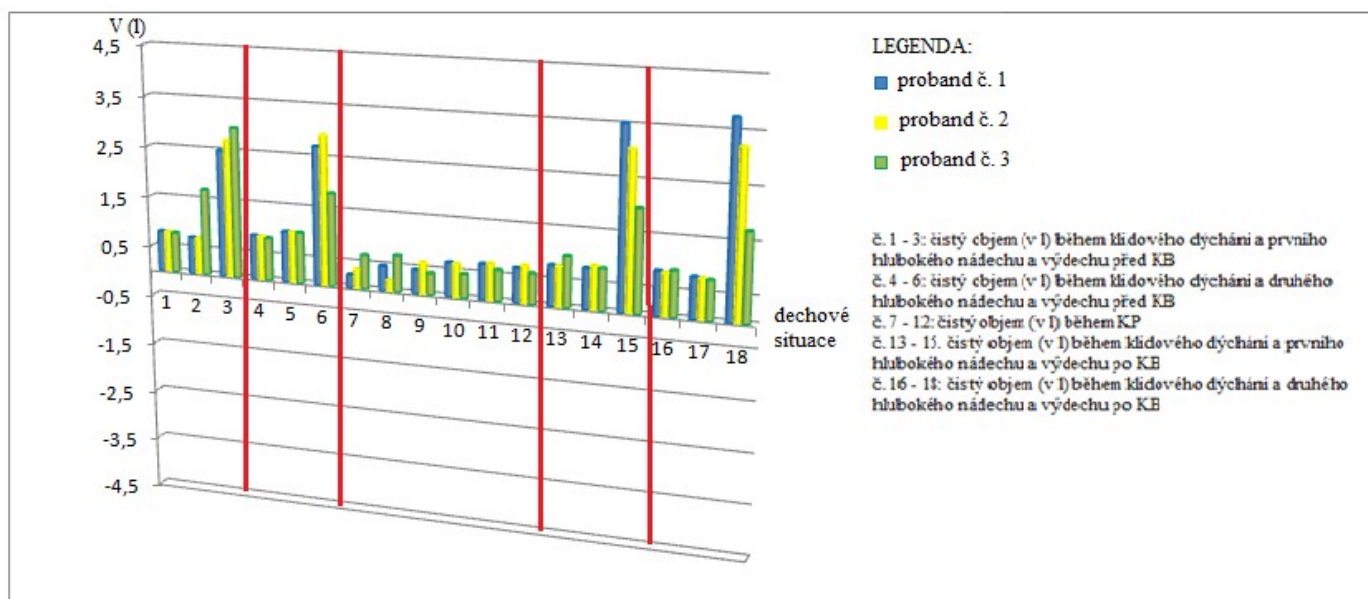
Otázkou je, proč se to děje. Důvodem by mohla být reakce plic a okolních tkání na změnu dýchání a dechový manévř vzhledem k tomu, že po Kapalabhati se průměrná

Experimentální část

hladina nezvedne a drží se v nižších, záporných hodnotách (viz obr. 85). U probanda č. 1 a probanda č. 2 je tato hodnota okolo -2,5 l, proband č. 3 se pohybuje okolo -3,5 l.

Na druhou stranu to může znamenat i chybu v měření, konkrétně špatně sestavený spirometr. Další výsledky by nám osvětlilo více probandů či oprava vrtulky nebo změna spirometru.

Čistý objem (v l) v průběhu celého ventilačního manévru



Obr. 86: Čistý objem v průběhu celého ventilačního manévru

Následující graf znázorňuje čisté objemy v průběhu celého ventilačního manévru. Nejsou zde žádné nápadné rozdíly, za zmínku stojí jen hodnoty obou čistých objemů při maximálním nádechu a výdechu po Kapalabhati, které jsou oproti probandovi č. 1 nižší o 2 l a probandovi č. 2 nižší o 1,5 l.

Experimentální část

Typ dýchání	Proband č. 1	Proband č. 2	Proband č. 3
čistý objem (v l) před prvním hlubokým nádechem před KB (1NV)	0,79	0,79	0,78
čistý objem (v l) před prvním hlubokým nádechem před KB (2NV)	0,71	0,71	1,69
čistý objem (v l) během prvního hlubokého nádechu a výdechu před KB	2,49	2,7	2,95
čistý objem (v l) před druhým hlubokým nádechem před KB (1NV)	0,86	0,85	0,83
čistý objem (v l) před druhým hlubokým nádechem před KB (2NV)	0,99	0,99	0,99
čistý objem (v l) během druhého hlubokého nádechu a výdechu před KB	2,7	2,93	1,81
čistý objem (v l) na začátku KB (1NV)	0,25	0,37	0,66
čistý objem (v l) na začátku KB (2NV)	0,48	0,21	0,71
čistý objem (v l) uprostřed KB (13NV)	0,46	0,61	0,42
čistý objem (v l) uprostřed KB (14NV)	0,66	0,65	0,46
čistý objem (v l) na konci KB (23NV)	0,69	0,71	0,6
čistý objem (v l) na konci KB (24NV)	0,67	0,73	0,59
čistý objem (v l) před prvním hlubokým nádechem po KB (1NV)	0,78	0,78	0,98
čistý objem (v l) před prvním hlubokým nádechem po KB (2NV)	0,78	0,84	0,8
čistý objem (v l) během prvního hlubokého nádechu a výdechu po KB	3,52	3,06	1,98
čistý objem (v l) před druhým hlubokým nádechem po KB (1NV)	0,85	0,82	0,88
čistý objem (v l) před druhým hlubokým nádechem po KB (2NV)	0,79	0,78	0,76
čistý objem (v l) během druhého hlubokého nádechu a výdechu po KB	3,74	3,23	1,71

Obr. 87: Hodnoty čistého objemu

V další tabulce (obr. 88) uvádím hodnoty čistého objemu v procentech. Vycházela jsem z toho, že čistý objem prvního maximálního nádechu a výdechu je 100% a z toho jsem pak spočítala velikost dechového objemu v různých fázích Kapalabhathi a po něm jako poměrnou hodnotu z výchozích 100%.

Typ dýchání	Proband č. 1	Proband č. 2	Proband č. 3
čistý objem (v l) během prvního hlubokého nádechu a výdechu před KB	100%	100%	100%
čistý objem (v l) během druhého hlubokého nádechu a výdechu před KB	108%	109%	61%
čistý objem (v l) na začátku KB (1NV)	10%	14%	22%
čistý objem (v l) na začátku KB (2NV)	19%	8%	24%
čistý objem (v l) uprostřed KB (13NV)	18%	23%	14%
čistý objem (v l) uprostřed KB (14NV)	27%	24%	16%
čistý objem (v l) na konci KB (23NV)	28%	26%	20%
čistý objem (v l) na konci KB (24NV)	27%	27%	20%
čistý objem (v l) během prvního hlubokého nádechu a výdechu po KB	141%	113%	67%
čistý objem (v l) během druhého hlubokého nádechu a výdechu po KB	150%	120%	58%

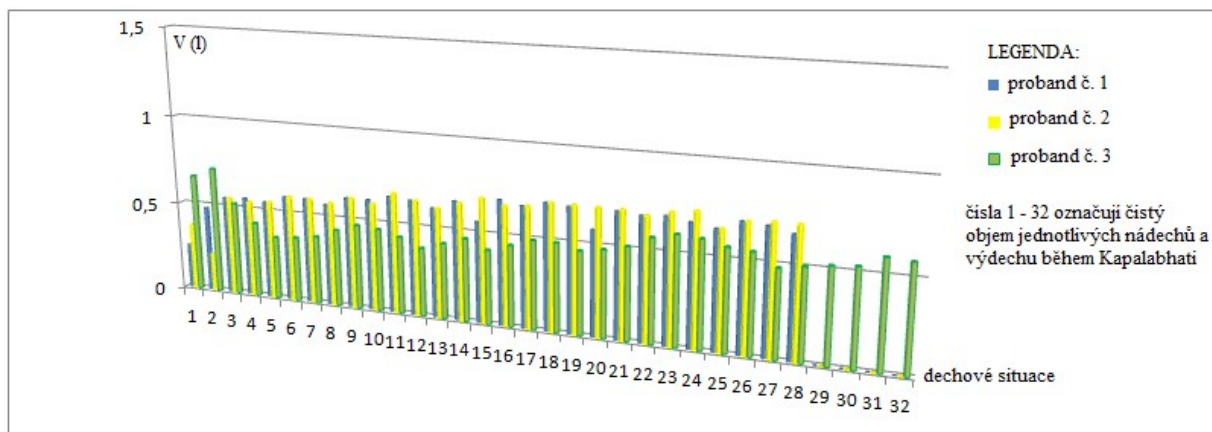
Obr. 88: Procentuální hodnoty čistého objemu

Z procentuálních hodnot vyplývá, že proband č. 1 a proband č. 2 během Kapalabhathi postupně zvyšoval svůj čistý objem a poté zvýšil i objem při prvním a druhém maximálním nádechu a výdechu. Proband č. 3 naopak svoje čisté objemy v průběhu Kapalabhathi snižoval a poté opět zvyšoval, snížily se i hodnoty při maximálním nádechu a výdechu. Jedno z vysvětlení, proč se tak stalo je to, že zatímco probandi č. 1 a č. 2 na začátku Kapalabhathi dýchali s menším úsilím a poté, co našli

Experimentální část

správný rytmus dýchání, tyto hodnoty postupně zvyšovali, proband č. 3 začal manévr s větším úsilím a hodnoty postupně snižoval a opět zvyšoval, pravděpodobně z neschopnosti najít si správný dechový rytmus a později i díky únavě dýchacích svalů.

Čistý objem (v l) na začátku, uprostřed a na konci Kapalabhati



Obr. 89: Čistý objem v průběhu Kapalabhati

Ve výše uvedeném grafu byly pro lepší viditelnost křivky odebrány záporné hodnoty na ose, která znázorňuje objem (l).

Vyhodnocení tohoto parametru neukázalo žádné výraznosti. Vše důležité již bylo popsáno výše.

Typ dýchání	Proband č. 1	Proband č. 2	Proband č. 3	Typ dýchání	Proband č. 1	Proband č. 2	Proband č. 3
Kapalabhati 1	0,25	0,37	0,66	Kapalabhati 17	0,67	0,67	0,49
Kapalabhati 2	0,48	0,21	0,71	Kapalabhati 18	0,7	0,7	0,49
Kapalabhati 3	0,55	0,55	0,52	Kapalabhati 19	0,69	0,7	0,46
Kapalabhati 4	0,56	0,54	0,42	Kapalabhati 20	0,58	0,7	0,48
Kapalabhati 5	0,55	0,55	0,35	Kapalabhati 21	0,69	0,7	0,51
Kapalabhati 6	0,59	0,59	0,36	Kapalabhati 22	0,68	0,68	0,57
Kapalabhati 7	0,59	0,59	0,38	Kapalabhati 23	0,69	0,71	0,6
Kapalabhati 8	0,57	0,58	0,43	Kapalabhati 24	0,67	0,73	0,59
Kapalabhati 9	0,62	0,62	0,47	Kapalabhati 25	0,65	0,65	0,56
Kapalabhati 10	0,62	0,6	0,46	Kapalabhati 26	0,7	0,7	0,55
Kapalabhati 11	0,65	0,67	0,43	Kapalabhati 27	0,69	0,71	0,48
Kapalabhati 12	0,64	0,64	0,38	Kapalabhati 28	0,66	0,71	0,5
Kapalabhati 13	0,61	0,61	0,42	Kapalabhati 29	0	0	0,52
Kapalabhati 14	0,66	0,65	0,46	Kapalabhati 30	0	0	0,53
Kapalabhati 15	0,56	0,69	0,41	Kapalabhati 31	0	0	0,59
Kapalabhati 16	0,69	0,66	0,45	Kapalabhati 32	0	0	0,58

Obr. 90: Hodnoty čistého objemu během Kapalabhati

6. Diskuze

Předmětem zkoumání této diplomové práce bylo zjištění vlivu jógového ventilačního manévru Kapalabhati na tvarové změny axiálního systému.

Experimentu se zúčastnili 3 probandi, kteří byli vybráni do studie podle předem daných podmínek. Shodnými charakteristickými rysy všech 3 probandů bylo sedavé zaměstnání spojené s nadměrnou psychickou zátěží, občasnou bolestí bederní páteře, (nejčastěji po dlouhodobém sezení) a absence akutního či chronického onemocnění dýchacích cest. Dalším společným prvkem účastníků byla absence strukturálních změn v oblasti páteře.

Před samotným měřením byl každý proband obeznámen s plánem výzkumu a byly mu uděleny přesné pokyny. Žádný z probandů dopředu nevěděl, o jaký manévr se jedná, aby si ho nemohl předem vyzkoušet a nebyly tím tak ovlivněny výsledky. Poté byli probandi uvedeni do výchozí pozice a byly jim nalepeny jednotlivé markery. V průběhu měření byl vždy o 5 – 10 sec dříve proband informován, jaký aktuální typ ventilace má provést.

V rámci plnění úkolů této práce byl proveden experiment s využitím 3D kinematického záznamu pomocí systému Qualisys doplněného spirometrickým měřením. Obě tato měření byla vyhodnocena zvlášť, protože čas ze spirometrického měření neodpovídá časovému intervalu Qualisysu, data nebyla synchronizována.

Spirometr byl sestaven v laboratoři BEZ na FTVS UK. Protože byl na tento výzkum použit poprvé, jedna z hypotéz byla, zda funguje správně.

Výsledkem spirometrického měření je pokles průměrné hladiny objemů zhruba o 2 l u každého z probandů v průběhu Kapalabhati a udržení se v záporných hodnotách i po provedení Kapalabhati. Jedním z důvodů takového to poklesu mohla být reakce plic a okolních tkání na změnu dýchání a ventilační manévr. Po konzultaci s odborníky na FTVS byl tento důvod vyloučen pro příliš velký posun hladiny objemů (konkrétně např. o průměrně 2 litry). Pravděpodobnější se tedy jeví chyba při měření spirometru, konkrétně u optoelektronického čidla, které snímá pohyb vrtulky a převádí ho na impulzy. Příčinou může být i netěsnost maska apod. Data jsou dále analyzována a spirometr testován za účelem odhalení možných příčin chyby měření. Vyhodnocení v MS Excel bylo časově náročné pro velké množství dat. Bylo důležité napřed data setřídít, označit a poté zpracovat do jednotlivých grafů.

Experimentální část

První hypotéza se tedy částečně potvrdila, spirometr nefungoval zcela správně a vyhodnocení dat proto není zcela jednoduché. Teorii o správné funkčnosti spirometru by potvrdilo nebo vyvrátilo další opakované měření a mnohem větší počet probandů.

Po Kapalabhati došlo ke zmenšení průměrné hladiny objemů, což si vysvětlujeme větším množstvím kyslíku v organismu. Tato hypotéza se potvrdila, tomu že to není jen chyba měření, napovídá i výsledek z Qualysisu, kdy u vzdálenosti Th9 a SIAS ve vertikálním směru došlo ke snížení vzdáleností po Kapalabhati.

Systém Qualysis poskytuje data, ze kterých je možno vyhodnotit velké množství parametrů, vzájemných vzdáleností markerů a závislostí pohybu markerů na čase. V rámci rozsahu této práce byly zvoleny parametry jen některé. Zaměřili jsme se na posouzení dechových pohybů v oblasti hrudníku a v oblasti břicha abychom porovnali realizaci dechových pohybů v různých regionech trupu. Při hodnocení jsme byli omezeni navíc výběrem bodů, které byly zachyceny. Zajímavé bylo sledovat individuální reakce trupu na Kapalabhati u markeru Th9 a L3 ve vertikálním směru. Proband č. 1 svůj trup spíše flektoval, proband č. 3 se naopak snažil více narovnat. Proband č. 2 si držel své výchozí postavení. To bylo způsobeno náročností pozice. Pokročilí jogíni většinou dýchají 60 – 120 pasivních výdechů za minutu, zatímco my jsme stanovili počet na 30 u všech probandů. Tento výsledek nám potvrzuje další hypotézu a vypovídá o individuální reakci jednotlivých probandů na daný manévr. Otázkou zůstává, zda se posun trupu do flexe či extenze děl spíše v oblasti hrudníku anebo pánve a s tím související aktivace svalů pánevního dna. Tuto otázku by ozřejmily markery na pánvi anebo pomocí vnější kontroly probandů.

Při hodnocení regionu ze spirometrického měření vyplývá, že procentuální hodnoty čistého objemu proband č. 1 a proband č. 2 během Kapalabhati postupně zvyšoval a poté zvýšil i objem při prvním a druhém maximálním nádechu a výdechu na 150% u probanda č. 1 a 120% u probanda č. 2. Proband č. 3 naopak svoje čisté objemy v průběhu Kapalabhati snižoval a poté opět zvyšoval, snížily se i hodnoty při maximálním nádechu a výdechu na 58%. Jedno z vysvětlení, proč se tak stalo je to, že zatímco probandi č. 1 a č. 2 na začátku Kapalabhati dýchali s menším úsilím a poté, co našli správný rytmus dýchání, tyto hodnoty postupně zvyšovali, proband č. 3 začal manévr s větším úsilím a hodnoty postupně snižoval a opět zvyšoval, pravděpodobně z neschopnosti najít si správný dechový rytmus a později i díky únavě dýchacích svalů.

Experimentální část

Průměrné hodnoty nádechových a výdechových objemů během klidového dýchání před provedením Kapalabhati byly rozdílné, což může být dáno individuální anatomickou strukturou plic. Během Kapalabhati a po něm se průměrné hodnoty u probanda č. 1 a probanda č. 2 příliš neliší. U probanda č. 3 je patrný pokles objemů již od začátku měření, a to zhruba o 0,6 až 0,7 l během nádechu a 0,9 – 1 l při výdechu. Zde by opět mohla hrát roli rozdílná anatomická stavba.

Dle QualySisu se u vzdálenosti Th9 – SIAS ve vertikálním směru rozdíl před a po Kabalabhati zmenšil, u probanda č. 2 na 54% a probanda č. 3 na 84%. Proband č. 2 naopak velikost nádechu a výdechu postupně zvyšoval ke konci Kapalabhati až na 108%.

U vzdálenosti Th9 a L3 v předozadním směru došlo, oproti hodnotám Th9 – SIAS (vertikální směr), k nárustu. U probanda č. 1 je to o 45% u markeru Th9 a 60% u L3. Proband č. 2 má u Th9 po Kapalabhati pokles, ale u markeru L3 došlo k nárustu o 6%. U probanda č. 3 byl nárust u Th9 o 13%, u L3 o 11%.

Výsledek vzdálenosti Th9 – SIAS v předozadním směru je velice specifický, u probanda č. 1 došlo k poklesu o 109%, naopak probandi č. 2 a č. 3 se přiblížili svými 90,2% a 93,8% hodnotám před Kapalabhati.

Další vyhodnocení dat z QualySisu neukázala žádné významné poznání, k výrazným změnám nedošlo. Může to být způsobeno nesprávným vybráním a snímáním markerů, důležitou roli také hraje počet probandů a opakování měření po určité době. Je pravděpodobné, že po delší době aplikace Kapalabhati, např. každý den, by byl výsledek viditelnější, což by mohlo být předmětem dalšího výzkumu.

Hypotéza o správnosti využití 3D analýzy pohybu se nám potvrdila, protože umožňuje zaznamenat pohyblivost a tvarové změny trupu, i když výsledky tohoto měření mají výrazně individuální charakter s určitou přirozenou variabilitou i v rámci jedince.

Výsledky spirometrie ani QualySisu nejsou signifikantní. Nelze je porovnat navzájem, protože proběhlo pouze jedno měření. Do této doby nebyly zveřejněny žádné studie, ani v České republice, ani ve světě, zabývající se vlivem Kapalabhati na tvarové změny trupu a změny dechových objemů. Kapalabhati už bylo předmětem několika studií, převážně od indických odborníků, zabývajících se vlivem Kapalabhati na alveolární koncentraci oxidu uhličitého (Kupalayanand, Karambelkar, 1958) hladinu

Experimentální část

močoviny, kreatininu a tyrosinu (Desai, Gharote, 1990), Stančák, Kuna, Srinivasan a Dostálek (1991) zjišťovali změny na EEG. Tyto a mnoho dalších studií jsou zaměřeny spíše na změny a ovlivnění funkce vnitřních orgánů dutiny břišní a hrudní. Důvodem spíše interního zaměření těchto studií může být vliv na funkci trávicího traktu, orgánů malé pánve a srdce díky aktivaci bránice a břišních svalů a tím i změnám nitrohruďního a nitrobřišního tlaku,

Inspirací pro tento experiment byla diplomová práce studentky Lucákové (2010), která pomocí Qualysisu a spirometrie zjišťovala změny dechových parametrů v závislosti na rozdílné poloze segmentů těla se zaměřením na sed a stoj.

Kapalabhati není jediný jógový ventilační manévr, proto by možná v budoucím výzkumu bylo zajímavé zjistit vliv např. 4 – 5 dalších manévrů a jejich vzájemné posouzení. Obsahoval by větší počet probandů se stejnými specifickými znaky a vlastnostmi, např. stejná diagnóza u onemocnění pohybového aparátu, chronické či akutní respirační onemocnění nebo i to, zda cvičí jógu a tyto manévry či nikoli, nebo se aktivně věnují nějaké sportovní aktivitě.

Další úvahou je otázka, zda by nebylo vhodnější zvolení kombinace Qualysisu nebo spirometrie a např. EMG pro snímání aktivity a zapojení jednotlivých svalů během ventilačních manévrů.

Protože čidla kamer jsou velice citlivá na jejich posunutí, odlesky nebo špatné nalepení markerů, je potřeba si daný experiment pořádně připravit a několikrát zopakovat, aby bylo měření a vyhodnocení co nejkvalitnější.

7. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo připravit správnou metodiku výzkumu, která by zahrnovala hlavní cíle, kterými bylo zjistit změnu objemu plic v závislosti na čase, zhodnocení vlivu prováděného dechového manévru na jednotlivé probandy a prověření respirační dynamiky u vybraného ventilačního manévru.

Z výsledků měření vyplývá, že došlo po Kapalabhati ke snížení objemu plic u dvou probandů ze tří. Pro respirační dynamiku vybraného ventilačního manévru byla využita 3D analýza pohybu, která se projevila jako správná. Bohužel vyhodnocení dat z Qualysisu neukázalo žádné významné poznání, k výrazným změnám nedošlo.

Může to být způsobeno nesprávným vybráním a snímáním markerů, důležitou roli také hraje počet probandů a opakování měření po určité době. Možná by byl viditelný vliv po delší době aplikace Kapalabhati každý den, což by mohlo být téma dalších výzkumů.

Vzhledem k poznatkům o józe a dýchání by bylo zajímavé vyhodnotit další dechové manévry, ale za delší jednotku času s větším množstvím probandů a opakováním měření.

8. Seznam použité literatury

- 1) Bodybuilding [on-line]. Praha (Czech Republic), poslední změna 28.10.2004, [cit. 23.2.2012]. Dostupné na Word Wide Web: < <http://bodybuilding.cz/> >.
- 2) CALIN, A., PORTA, J., FRIES, J.F., SCHURMAN, D.J. Clinical history as a screening test for ankylosing spondylitis. *JAMA*, 1977, Vol. 273, str. 2613 – 2614.
- 3) CASRI [on-line]. Praha (Czech Republic), poslední změna 23.1.2007, platnost do 28.1.2008 [cit. 25.12.2007]. Dostupné na Word Wide Web: < <http://casri.cz/> >.
- 4) ČIHÁK, R. *Anatomie II*. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-247-0143-X.
- 5) ČUMPELÍK, J.; VÉLE, F. Yoga-Based Training for Spinal Stability. In Liebenson, C., *Rehabilitation of the Spine, A Practitioner's*. 2. vyd. Philadelphia, Pennsylvania : A. Lippincott Williams and Wilkins, 2007. str. 566-574. ISBN 13: 9780781729970.
- 6) DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. 1 vyd. Praha: Grada, 2009. 544 stran.
- 7) DESAI, B.P., GHAROTE, M. L. Effect of Kapalabhati on blood urea, creatinine and tyrosine. *Activitas Nervosa Superior*, 1990, Vol. 32, Iss. 2, str. 95 - 98.
ISBN 978-80-247-3240-4.
- 8) Esence [on-line]. Praha (Czech Republic), poslední změna 10.7.2008, [cit. 3.3.2012]. Dostupné na Word Wide Web: < <http://tabulky.esence.biz/> >.
- 9) Fyziologie dýchání [on-line]. Praha (Czech Republic), [cit. 20.4.2012]. Dostupné na Word Wide Web: < http://osu.cz/katedry/ufy/cviceniFTVS/DYCHANI_FTVS.doc >
- 10) GANONG, W. F. *Přehled lékařské fyziologie*. 20 vyd. Praha: Galén, 2005. 890 stran. ISBN 80-7262-311-7.
- 11) GRAY, H. *Anatomy of the human body*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1918. 1396 stran. ISBN 1-58734-102-6.
- 12) HÁJEK A KOL. *Jóga – speciální učební text*. 12 vyd. Praha: Asociace sport pro všechny, 2000.
- 13) HALL, J ET AL. *Textbook of Medical Physiology*. 12 vyd. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2011. 1091 stran. ISBN 978-1-4160-4574-8.

Experimentální část

- 14) CHLUMSKÝ, J., FIŠEROVÁ, J., SATINSKÁ, J., ZINDR, V., KOBLÍŽEK, V., KŘEPELKA, J. *Doporučený postup pro interpretaci základních vyšetření plicních funkcí*. Závěry semináře pořádaného Sekcí patologie a fyziologie dýchání a funkční diagnostiky ČPFS a Nadačním fondem Astma v Hrotovicích, 2006.
- 15) JOHNSON, D.B., TIERNEY, M.J., SADIGHI, P.J. Kapalabhati pranayama: breath of fire or cause of pneumothorax? A case report. *Chest*, 2004, vol. 125, Iss. 5 str. 1951 – 1952.
- 16) JOSHI, M., TELLES, S. A nonrandomized non-naive comparative study of the effects of kapalabhati and breath awareness on event-related potentials in trained yoga practitioners. *Journal of alternative and complementary medicine*, 2009, vol. 15, Iss. 3, str. 281 - 285.
- 17) KAPANDJI, I.A. *The physiology of the joints*. 20 vyd. London: Churchill Livingstone, 2004, Vol. 3. ISBN 0-443-01-209-1.
- 18) KISLINGER, F. *Základy biologie člověka*. Klatovy: Gymnázium Klatovy, 1994.
- 19) KITTNAR, O. *Lékařská fyziologie*. 1 vyd. Praha: Grada, 2011, 800 stran. ISBN 978-80-247-3068-4.
- 20) KOCH, W.F.R.M., MARANI, E. *Early development of the human pelvic diaphragm*. Berlin: Springer, 2007. ISBN 978-3-540-68006-3.
- 21) KOGLER, A. *Jóga – základy tělesných cvičení*. Bratislava: Slovenské tělovýchovné nakladatelstvo, 1971. ISBN 77-020-71.
- 22) KOLÁŘ, P. Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů - diagnostika. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2006, č. 4, str. 155-170. ISSN 1211-2658.
- 23) KOLÁŘ, P. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1 vyd. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-657-1.
- 24) KOLÁŘ, P., LEWIT, K. Význam hlubokého stabilizačního systému v rámci vertebrogenních obtíží. *Neurologie pro praxi*, 2005, č. 5, str. 270 – 275.
- 25) KOLÁŘ, P., ŠAFÁŘOVÁ, M. Ontogenetický vývoj a jeho význam v etiopatogenezi radikulárního syndromu. *Sborník abstraktů, I absolventská konference katedry fyzioterapie Fakulty tělesné kultury Olomouc*, 2006. ISBN 80-244-1369-8.

Experimentální část

- 26) KOLÁŘ, P. Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce páteře – terapie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2007, č. 1, str. 3 – 17.
- 27) KUVALAYANANDA, P.V., KARAMBELKAR. Studies in alveolar air in Kapalabhati. *Yoga mimansa*, 1958, Vol. 7, str 18 - 25.
- 28) KŘIVÁNKOVÁ, M., HRADOVÁ, M. *Somatologie*. 1 vyd. Praha: Grada, 2009. 224 stran. ISBN 978-80-247-2988-6.
- 29) LANGMEIER M. a kol. *Základy lékařské fyziologie*, 1 vyd. Praha: Grada, 2009. 320stran. ISBN 978-80-247-2526-0.
- 30) LIDELLOVÁ, L., NARAYANI, RABINOVIČ, G. *Knih o józe – kompletní průvodce*. 2 vyd. Praha: Vašut, 2002. ISBN 80-7236-294-1.
- 31) LIU, H., HOLT, C., EVANS, S. Accuracy and repeatability of an optical motion analysis system for measuring small deformations of biological tissues. *Journal of Biomechanics*, 2007, Vol. 40, str. 210 – 214.
- 32) LYSEBETH, A., PRÁNAJÍNA. *Technika dechu*. 1 vyd. Praha: Argo, 1999. ISBN 80-7203-172-4.
- 33) MÁČEK, M., RADVANSKÝ, J. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galen, 2011. ISBN 978-90-72622-695-3
- 34) MOUREK, J. *Fyziologie, učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2 vyd. Praha: Grada, 2012. 224 stran. ISBN 978-80-247-3918-2.
- 35) NAVRÁTIL, L., ROSINA, J. *Medicínská biofyzika*. Praha: Grada, 2005. 524 stran. ISBN: 978-80-247-1152-2.
- 36) PALAŠČÁKOVÁ ŠPRINGROVÁ, I. *Funkce - diagnostika - terapie hlubokého stabilizačního systému*. 1 vyd. Praha: Rehaspring, 2010. 67 str. ISBN-13: 978-80-254-7736-6.
- 37) PETERS, A., GALNA, B., SANGEUX, M., MORRIS, M., BAKER, R. Quantification of soft tissue artifact in lower limb human motion analysis: A systematic review. *Gait & Posture*, 2010, Vol. 3, str. 1 – 8.
- 38) Potápěčský klub Perutýn [on-line]. Praha (Czech Republic), [cit. 25.1.2012]. Dostupné na Word Wide Web: < <http://perutyn.wbs.cz/> >.

Experimentální část

- 39) Qualisys AB [on-line]. Gothenburg (Sweden), 25.12.2007 [cit. 25.12.2007].
Dostupné na Word Wide Web : < <http://www.qualisys.se/> >.
- 40) Respirace [on-line]. Praha (Czech Republic), [cit. 16.3.2012]. Dostupné na Word Wide Web: < <http://wikiskripta.eu/> >.
- 41) ROKYTA, R., MAREŠ, J. *Patologická fyziologie*. 1 vyd. Praha: Grada, 2003. 558 stran. ISBN 80-247-0319-X.
- 42) ROMEI, M., MAURO, A., D'ANGELO, M.G., TURCONI, A.C., BRESOLIN, N., PEDOTTI, A., ALIVERTI, A. Effects of gender and posture on thoraco-abdominal kinematics during quiet breathing in healthy adults. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 2010, Vol. 172, str. 184 – 191.
- 43) SKALKA, P. Možnosti léčebné rehabilitace v léčbě močové inkontinence. *Urologie pro praxi*, 2002, č.3, str. 94 – 100.
- 44) SLOVÁKOVÁ, V., OSUSKÁ, A., GÚTH, A., KESZEGHOVÁ, V., HAPČOVÁ, Ľ. Vybrané poznámky k fyziológii a patofyziológii dýchania. *Rehabilitácia*, 2000, č. 33, str. 132 – 135.
- 45) STANČÁK, A., KUNA, M., SRINIVASAN, DOSTÁLEK, C., VISHNUDEVANANDA. Kapalabhati - yogic cleansing exercise, EEG topography analysis. *Homeostasis in health and disease international journal devoted to integrative brain functions and homeostatic systems*, 1991, vol. 33, Iss. 4, str. 182 – 189.
- 46) SUCHOMEL, T. Stabilita v pohybovém systéme a HSS – podstata a klinická východiska, *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2006, č. 3, str. 112 – 124.
- 47) TELLES, S., MAHARANA, K., BALRANA, B., BALKRISHNA, A. Effects of high-frequency yoga breathing called kapalabhati compared with breath awareness on the degree of optical illusion perceived. *Perceptual and motor skills*, 2011, vol. 112, Iss. 3, str. 981 – 990.
- 48) TROJAN, S. *Biologie člověka v obrazech*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1994.
- 49) TROJAN, S. *Lékařská fyziologie*. 4 vyd. Praha: Grada, 2003. 772 stran. ISBN 80-247-0512-5.

Experimentální část

- 50) VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada, 1997.
- 51) WESSELS, M., OELLERICH, H. *Wellness joga pro těhotné*. 1 vyd. Praha: Grada, 2009. 96 stran. ISBN 978-80-247-2596-3.
- 52) White tiger medicine [on-line]. Portland (Oregon), [cit. 15.4.2012]. Dostupné na
Word Wide Web:
< <http://whitetigernaturalmedicine.com/> >.
- 53) Wikiskripta [on-line]. Praha (Czech Republic), poslední změna 20.8.2011, [cit.
16.3.2012]. Dostupné na Word Wide Web:
< <http://wikiskripta.eu/> >.

9. Seznam zkratek

Apod.	a podobně
Artt	articulatio
C	krční obratel
CO ₂	oxid uhličitý
HSSP	hluboký stabilizační systém páteře
l	litr
ml	mililitr
mm	muscles
mm	milimetry
mmHg	jednotka interpleurálních tlaku
m	muscle
min	minuta
msec	milisekunda
Obr.	obrázek
O ₂	oxid uhličitý
QTM	Qualysis track manager
SIAS	spina illiaca anterior superior
Th	hrudní obratel
Tj	to jest

10. Přílohy

CD:

Obsahuje průběh spirometrie u jednotlivých probandů