

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
KATEDRA FYZIOTERAPIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce

Doc. PaedDr. Karel Jelen, CSc.

Vypracovala:

Michaela Lucáková

Praha, 2010

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
KATEDRA FYZIOTERAPIE
FORMA STUDIA PREZENČNÍ

Variabilita respiračních parametrů jako důsledek polohové segmentální diference

Vypracovala:Bc. Michaela Lucáková
Vedoucí diplomové práce:.....Doc. PaedDr. Karel Jelen, CSc.
Odborný konzultant:.....Ing. Petr Kubový

Praha, 2010

SOUHRN

Český název: Variabilita respiračních parametrů jako důsledek polohové segmentální diference

Vypracovala: Michaela Lucáková

Vedoucí práce: Doc. PaedDr. Karel Jelen, CSc.

Cíl:

Zjistit změny dechových parametrů v závislosti na rozdílné poloze segmentů těla. Zaměřit se na polohy sed a stoj, vytvořit metodiku výzkumu a provést měření. První část diplomové práce je zaměřena na rešeršní zpracování dané problematiky. Ve druhé, speciální části byl proveden výzkum, kde jsme snímali dechové parametry v poloze vsedě a ve stoji. Cílem je porovnat naměřené hodnoty mezi těmito 2 polohami a vytvořit závěry.

Metody:

1. Měření dechových parametrů plic pomocí spirometrie
2. Měření expanze hrudníku v 3D prostoru pomocí technologie Qualisys

Výsledky:

Změny dechových parametrů mezi sedem a stojem byly z větší části individuální. Objektivně jsme ale zjistili, že ve stoji se oproti sedu v průměru zvýšily hodnoty vitálních kapacit plic. Expanze hrudníku v sagitální rovině měřena pomocí vzdáleností 2 bodů se ve stoji průměrně snížila. Expanze hrudníku měřena pomocí plochy v transverzální rovině se ve stoji průměrně snížila. Naopak se zvýšila expanze hrudníku měřena pomocí plochy v sagitální rovině.

Klíčová slova: respirace, sed, stoj, dýchání, objektivizace, poloha, spirometrie, Qualisys

SUMMARY

Work title: Variability of respiratory parameters as a consequence of postural segmental differentiation

Aim of the thesis:

To detect changes in breathing parameters depending on the position of body segments. Study is focusing on sitting and standing position, a research methodology a their measurements. The first part is focused on literature base of the thesis. In the second, special section, is making a research, where we panned respiratory parameters in the sitting and standing position. The aim is to compare the measured values between these 2 positions and make a conclusion.

Methods:

- Spirometry
- Qualisys technology

Results:

Changes in respiratory parameters between sitting and standing were individual. Objectively, we found that in standing position against the sitting position increased on avarage values of vital lung capacity. Expansion of the chest in the sagittal plane measured by the distance of 2 points avarage declined in standing. Chest expansion measured by the area in the transverse plane in standing on average decreased. Conversely, increased chest expansion measured by the area in the sagittal plane.

Key words: respiration, sitting, standing, breathing, objectivisation, spirometry, Qualisys

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Variabilita respiračních parametrů jako důsledek polohové segmentální diference“ zpracovala samostatně a použila jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace.

V Praze dne 12.4.2010

.....
Michaela Lucáková

Poděkování:

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi byli nápomocní při zpracování diplomové práce. Především bych chtěla poděkovat Doc. PaedDr. Karlu Jelenovi, CSc. za odborné vedení práce, ochotu a cenné připomínky. Dále děkuji Ing. Petru Kubovému za spolupráci a přínosné rady.

.....
Michaela Lucáková

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

.....

Michaela Lucáková

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

Obsah:

<i>1</i>	<i>Teoretické zpracování</i>	<i>12</i>
1.1	Anatomické aspekty dýchání	12
1.1.1	Kosterní aparát.....	12
1.1.2	Svalový aparát.....	14
1.1.2.1	Bránice.....	15
1.1.2.2	Vztah bránice a břišních svalů.....	17
1.1.2.3	Bránice a posturální funkce	18
1.2	Fyziologické aspekty dýchání.....	20
1.2.1	Dechový cyklus.....	22
1.2.2	Dechové parametry plic	26
1.2.3	Řízení a regulace dýchání	29
1.3	Biomechanické aspekty dýchání.....	30
1.3.1	Mechanika dýchání	31
1.3.1.1	Mechanika tekutin	33
1.4	Typy dýchání	35
1.4.1	Břišní typ dýchání	35
1.4.2	Hrudní typ dýchání	36
1.4.3	Podklíčkové dýchání.....	36
1.5	Tělesná typologie	37
1.6	Vliv polohy segmentů těla na dýchání.....	39
1.6.1	Sed	40
1.6.1.1	Vliv sedu na dýchání	42
1.6.2	Stoj.....	43
<i>2</i>	<i>Výzkumná část</i>	<i>44</i>
2.1	Metodologie	44
2.1.1	Metody záznamu.....	46
2.1.1.1	Systém Qualisys	46
2.1.1.2	Spirometrická metoda.....	47

2.2	Metodika výzkumu	48
2.2.1	Průběh výzkumu	49
2.2.2	Sledované parametry.....	50
2.2.2.1	Vzdálenosti na hrudníku.....	52
2.2.2.2	Plochy na hrudníku.....	53
2.2.2.3	Dechové parametry plic.....	54
2.2.3	Zpracování dat	55
2.2.3.1	Vzdálenosti na hrudníku.....	55
2.2.3.2	Dechové výchylky	55
2.2.3.3	Plochy, výchylky ploch	57
2.2.3.4	Dechové parametry plic.....	57
2.3	Výsledky	58
2.3.1	Grafické znázornění výsledků	58
2.3.2	Vzdálenosti	63
2.3.2.1	Průměrné vzdálenosti	63
2.3.2.2	Dechové výchylky pomocí vzdáleností 2 bodů.....	68
2.3.2.2.1	Shrnutí porovnání sed stoj.....	72
2.3.2.3	Průměr a rozptyl dechových výchylek u počítaných vzdáleností.....	73
2.3.3	Plochy, výchylky ploch.....	74
2.3.3.1	Transverzální rovina.....	74
2.3.3.2	Sagitální rovina.....	75
2.3.4	Dechové parametry plic	77
2.3.5	Porovnání všech dechových parametrů	79
2.4	Diskuse.....	80
3	Závěr.....	89
4	Seznam zkratek.....	90
5	Seznam použité literatury.....	92
	Přílohy	99

Úvod

Dýchání je základní stereotypní mechanismus organismu, nutný k udržení života. Jedná se o proces, který provází člověka od prvních sekund od narození a končí s posledními vteřinami života.

Člověk dýchá automaticky, podvědomě celý život a často si ani neuvědomujeme, jakým způsobem dýcháme. Např. vlivem stresu dochází ke změnám dechu, zadržování dechu a následnému nedostatečnému okysličení těla, což může vést např. k únavě či poruchám myšlení. Také vlivem polohy těla dochází ke změnám dýchání.

Člověk se stále více udržuje v poloze vsedě. Jsme nuceni sedět již od dětského věku ve školních lavicích, poté v práci, v dopravních prostředcích a nakonec i doma u televize či u počítače. Pro pohyb a udržování pohybového aparátu v kondici nám již nezbyvá tolik volného času. Jediný pohyb, který nás doprovází na každém kroku, je právě pohyb hrudníku a břicha při dýchání.

I stoj patří mezi polohy těla, které jsou v dnešní době často využívány. Stojíme při práci, v dopravních prostředcích či při čekání ve frontě.

Jak tyto polohy těla odrážejí průběh dýchání, je právě otázkou této diplomové práce. Způsob dýchání je dán celou řadou dalších faktorů. Záleží na psychickém i tělesném stavu člověka, věku, pohlaví, aktivitách, anatomických poměrech na trupu, denní době, poloze těla atd. Je tedy ukazatelem, že nelze od sebe oddělovat tělesnou a duševní složku.

Ráda bych se ve své diplomové práci zaměřila na sledování změn v dýchání mezi polohami sedu a stoje.

Cíle diplomové práce

- vytvořit rešeršní zpracování dané problematiky
- navrhnout metodu sledující pohyb hrudníku v prostoru a ověřit jí prvními pokusy
- stanovit rozdíly v identifikovatelných parametrech dýchání mezi polohami sed a stoj

Hypotézy:

- A. Dechové parametry mezi polohami sedu a stoje se budou odlišovat díky rozdílným polohám segmentů těla.
- B. Zvýší-li se dechová výchylka hrudníku v porovnání mezi sedem a stojem, dojde současně i ke zvýšení výdechových objemů plic a naopak.
- C. S přibývajícimi minutami měření bude dýchání prohloubenější (rozdíl poloh hrudníku mezi maximálním nádechem a výdechem bude zvýšen), na druhé straně dechová frekvence bude snížena.
- D. Dechové parametry se budou odlišovat podle rozdílnosti pohlaví, somatotypu.

1 Teoretické zpracování

1.1 Anatomické aspekty dýchání

Anatomicky tvoří hrudník mnoho složek. Vyzdvihnu zde pouze 3 základní systémy, které se nejvíce podílejí na její mechanice - kostra, spoje na hrudníku a hrudní svaly.

1.1.1 Kosterní aparát

Kostru hrudníku tvoří 12 hrudních obratlů, 12 párových žeber a nepárová, plochá hrudní kost. Prvních 7 žeber je kloubně spojeno s hrudní kostí. 8., 9. a 10. žebro je spojeno pomocí chrupavčité tkáně s předchozími žebry. Poslední 2 žebra (11. a 12.) jsou volná a končí ve svalové stěně břišní.

Tvar hrudníku je dán průběhem (sklonem), tvarem a křivostí žeber, který je formován až po narození. Postupně s evolucí člověka, jsou kladeny na pohybový aparát různé nároky, což vše vede k diferenciaci tvarů.

Novorozenec má *kuželovitý tvar* hrudníku, jehož průřez je téměř kruhový. V dospělosti jsou zase běžné *dlouhé (asthenické) tvary* hrudníku. Pro ně je typické předozadní oploštění a poměrně malé mezižeberní prostory. Tento typ hrudníku se vyznačuje větším rozdílem v obvodu hrudníku při nádechu a výdechu (značnými dýchacími výchylkami) a poměrně dobrou ventilační výkonností. Opakem asthenického typu hrudníku je *soudkovitý hrudník*, pro který jsou typická horizontálně probíhající žebra a široké mezižeberní prostory. Ventilační výkonnost tohoto typu hrudníku je velmi malá. (www.biomech.ftvs.cuni.cz, Čihák, 1997)

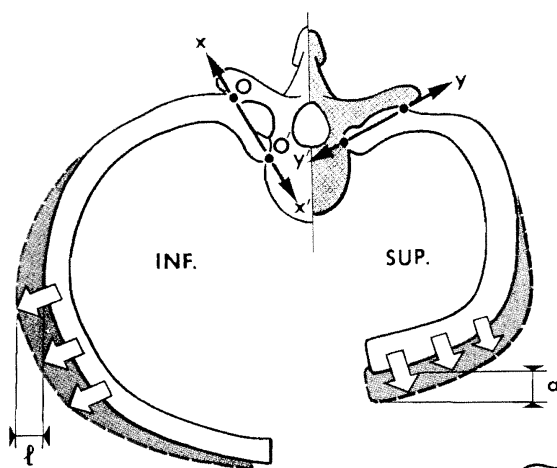
Spojení na hrudníku dle Čiháka (Čihák, 1997)

Žebra jsou vzadu spojena s páteří pomocí dvojitého kloubu:

- costovertebrální skloubení - spojuje hlavice žeber s těly obratlů,
- costotransversální skloubení – spojuje hrbolky žeber s příčnými výběžky obratlů (processus transversus).

Spojení žeber vpředu:

- sternocostální skloubení – mezi žebry a sternem,
- interchondrální skloubení – spojení pomocí chrupavek 7. - 10. žebra.



Obrázek 1: Znáornění pohybu žebber v costovertebrálním a costotransverzálním skloubení. Levá část obrázku pro dolní žebra, pravá pro horní žebra.(převzato z Kapandji, 1974)

Na obrázku můžete vidět pohyb žebber v costovertebrálním a costotransverzálním skloubení. Tímto společným pohybem je rotace okolo osy XX' , která prochází centrem O v costotransverzálním kloubu a centrem O' v costovertebrálním kloubu.

Pro dolní žebra (na obrázku vlevo) leží osa XX' více paralelně se sagitální rovinou. Proto se při elevaci žebber zvětšuje průměr hrudníku zejména v transverzální rovině (na obrázku písmeno l).

Na druhé straně osa rotace YY' pro horní žebra (na obrázku vpravo) leží blíže frontální roviny, to znamená, že při nádechu dochází ke zvětšení průměru hrudníku zejména v anterioposteriorním směru (na obrázku písmeno a). (Kapandji, 1974). Valouchová říká, že horní žebra se při nádechu pohybují kraniálně a ventrálně, laterální pohyb je velmi malý. (Valouchová, 2005)

Ve střední části hrudníku je pro costovertebrální skloubení osa položena v úhlu 45° k sagitální rovině, což znamená, že oba parametry, pohyb žebber laterálně i anterioposteriorně, se zvětšují (Kapandji, 1974). Valouchová kromě pohybu žebber anterioposteriorně bere v úvahu i pohyb žebber kraniálně. (Valouchová, 2005). (Komentář: Kapandji při nádechu nebere v úvahu pohyb žebber kraniálně, Valouchová pohyb žebber posteriorně.)

1.1.2 Svalový aparát

Primární svaly inspirační jsou bránice, mm. intercostales externi a mm. levatores costae. Valouchová říká, že m. intercostalis externi mají na dorzální straně hrudníku mechanicky výhodnější směr vláken pro nádech než-li vlákna na ventro-kaudální straně hrudníku. (Valouchová, 2005)

Mezi primární svaly expirační patří mm. intercostales interni a m. sternocostalis. Vlákna směřují kaudálně a mediálně na sternum – deprese příslušných žeber. (Valouchová, 2005, Čihák, 1997)

Při zvýšené potřebě vzduchu se aktivují i **pomocné svaly dechové**, mezi které patří m. sternocleidomastoideus, mm. scaleni (zejména v případě, je-li páteř stabilizována extenzory páteře), mm. pectorales (zejména je-li humerus v abdukci), m. serratus anterior a m. latissimus dorsi (zejména je-li humerus v abdukci), m. serratus posterior superior, m. iliocostalis superior. (Kapandji, 1974; Valouchová, 2005)

Mezi pomocné svaly expirační patří mm. abdominis, m. iliocostalis (pars inferior), m. longissimus dorsi, m. serratus posterior inferior, m. quadratus lumborum. (Kapandji, 1974)

Dle výzkumu Wanga a Stuarda, kteří zjišťovali aktivitu zádoých a břišních svalů během dýchání, vyšlo najevo, že se zvyšujícími požadavky na dýchání, se zvyšuje i aktivita zádoých svalů při inspiraci a břišních svalů při expiraci. (Wang, Stuart, 2008)

V tabulce můžete vidět přehled dýchacích svalů:

	Inspirace	Exspirace
Klidové dýchání (primární dechové svaly)	bránice m.intercostalis externii	elastické vlastnosti plicní tkáně povrchové napětí gravitace žeber m.intercostales internii
Usilovné dýchání (sekundární dechové svaly)	m.sternocleidomastoideus m. scalenii m. pectoralis major m .pectoralis minor m .serratus anterior m .serratus posterior superior m. iliocostalis, horní část	m.abdominalis external oblique internal oblique rectus abdominus m.iliocostalis, dolní část m.longissimus, dolní část m.serratus posterior inferior

Obrázek 2: Přehled dýchacích svalů (převzato z www.ouhsc.edu)

Interkostální svaly jsou vedle bránice považovány za hlavní dýchací svaly, objevují se však nové poznatky, které říkají, že „funkce interkostálních svalů je spíše modulační“, protože se podílejí na řízení artikulačních dechových pauz při řeči. (Véle, 1997)

1.1.2.1 Bránice

Jedná se o muskulo-tendinósní kopuli tvořící dno hrudníku. Má šlašitý střed centrum tendineum, k němuž se sbíhají svalové snopce. Díky nim můžeme bránici rozdělovat na 3 části (Čihák, 1997, Trojan 2003):

- a) pars lumbalis
 - laterální snopce na ligamentum arcuatum mediale a laterale
 - mediální snopce na lig. longitudinale anterius
 - o crus dextrum - anterolaterální plocha těl a disků L1-3
 - o crus sinistrum - anterolaterální plocha těl a disků L1-2
- b) pars costalis - vnitřní plocha 7.-12. žebra a jejich chrupavek (střídá se s začátky úponů m. transversus abdominis)
- c) pars sternalis - vnitřní plocha processus xiphoideus

Bránice obsahuje průchody pro jícn, aortu, dolní dutou žílu. Proto správný rozsah jejího pohybu umožňuje nejen dokonalou ventilaci plic, ale i dobrou funkci trávicího, vylučovacího, cévního a autonomního systému. Vliv má na všechny břišní orgány. Svou kontrakcí se zároveň spoluúčastní na stabilizaci trupu a má i vliv na posturální funkce jako takové. (Trojan, 2003)

Tvar bránice není zcela symetrický. Pravá brániční klenba zasahuje až do výše 4. mezižebří, levá brániční klenba do 5. mezižebří. Mezi pravou a levou klenbou je bránice pokleslá a promítá se do úrovně processus xiphoideus. Její funkce během nádechu je taková, že při inspiraci dochází k poklesu centrum tendineum kaudálně, tím se opře o orgány břišní dutiny. Další kontrakce bránice zdvihá dolní žebra a zvyšuje se transverzální rozměr dolního hrudníku. Současně se pohybuje sternum a následně dochází k elevaci horních žebere, zvětšení anterioposteriorního rozměru hrudníku. (Kapandji, 1974)

„Každá část bránice má svoji vlastní činnost, dokáže pracovat synchronně i selektivně.“ (Véle, 1997)

Máček a Smolíková tvrdí, že bránice hraje základní a primární funkci při nádechu spolu s mm. scaleni, ale zapojení mezižeberních svalů je během dýchání v různých mezižebřích jiné. (Máček, Smolíková, 2007)

Aktivita dýchacích svalů se liší nejen v závislosti na jejich primárních funkcích, ale také např. v závislosti na poloze těla. Výše popisovaná činnost dýchacích svalů je dána pro polohu ve stoji. Při změně polohy těla dojde i ke změně v zapojení dýchacích svalů.

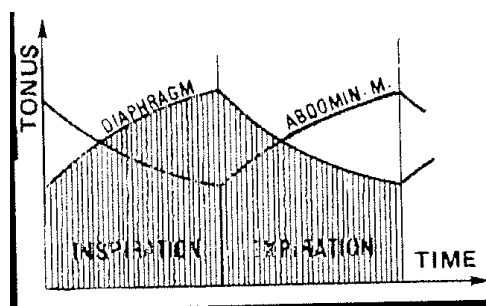
Např. Butler, McKenzie, Gandevia ve svém výzkumu řešili otázku zapojení motorických jednotek v parasternální části bránice při změně z polohy vleže do stoje. Ze 6 probandů se pouze u 2 objevila změna v náboru motorických jednotek a to tak, že v poloze ve stoji se zvýšila o 12%. Autoři došli k závěru, že rozdíl v zapojení parasternální části bránice při nádechu v poloze vleže a ve stoji je minimální. (Butler, McKenzie, Gandevia, 2001)

Čumpelík zkoumal pohyb bránice při různých polohách těla. Z výsledků je patrné, že při změně polohy těla dojde vždy ke změně tvaru, polohy a pohybu bránice, hrudníku a břišní stěny. Např. v poloze napřímění těla dojde k pohybu hrudníku, bránice a břišní stěny v rovině frontální. Při elevaci sternu, anteflexi a retroflexi hlavy se sternum nebo břišní stěna pohybují v rovině sagitální. (Čumpelík, 2006) (Komentář: nevýhodou tohoto výzkumu je, že měření probíhalo pouze na 1 probandovi, který měl zkušenosti s dechovými cvičeními, což nám snižuje jeho validitu)

1.1.2.2 Vztah bránice a břišních svalů

V oblasti pars costalis dochází k přechodu bránice do m.transversus abdominis. Tento přechod je zajištěn cípatým proložením vláken bránice se snopci m. transversus abdominis. Přechod bránice do m. transversus abdominis je bez šlachového úponu či aponeurotické vrstvy, což podporuje názor o funkčním spojení dvou svalů. (Dvořák, Holibka 2006)

Při nádechu je nutná vzájemná aktivita nejen bránice, ale i dalších složek, mezi něž patří břišní svaly a svaly pánevního dna. Pracují spolu v recipročním vztahu, kdy při nádechu se zvyšuje napětí bránice, ale snižuje se napětí břišních svalů a svalů pánevního dna.



Obrázek 3: Reciproční aktivita břišních svalů a bránice (převzato z Kapandji, 1974)

Na obrázku můžete vidět reciproční aktivitu při kontrakci břišních svalů a bránice. Během nádechu se tonus bránice zvyšuje a naopak tonus břišních svalů klesá. Při výdechu je tato aktivita opačná.

Výzkum Hodgese a Simona ukazuje, že dobrá koaktivace bránice a břišních svalů způsobuje trvalé zvýšení intraabdominálního tlaku. Inspirace a expirace jsou kontrolovány protichůdnou aktivitou bránice a břišních svalů, jejichž činnost mění tvar dutiny břišní. (Hodges, Simon, 2000)

Aktivita svalů dutiny břišní je i podle dalších autorů nezbytná pro uskutečnění nádechu. Zejména m. obliquus internus abdominis a m. transversus abdominis spolu tvoří koordinovaný břišní lis, přidává se k nim ještě m. obliquus externus abdominis. Právě tyto 3 svaly jsou dle Kováčikové odrazovým můstkem pro uskutečnění nádechu do hrudníku. (Kováčiková, 1998)

Při klidném dýchání obstarává bránice asi 75 % objemových změn. Při hlubokém nádechu se snižuje až o 70 mm. (Valenta, Konvičková, 1997)

1.1.2.3 Bránice a posturální funkce

V evolučním procesu získala bránice svoji posturální funkci až díky vzpřímenému držení těla, což nastalo teprve u člověka. Dochází k tzv. „horizontalizaci“ bránice. V méně náročnějších polohách, např. v poloze na čtyřech nebo vleže, není totiž posturální aktivita bránice zapotřebí. (Lewit, 1996; Skládal, 1976)

„Vycházíme-li z poznatku, že dechová aktivita bránice souvisí i s její posturální aktivitou, lze hodnocením motoriky dechových projevů posuzovat i kvalitu posturální aktivity.“ (Kolář, 2007)

Posturální funkci bránice dokázal například Skládal, který pozoroval posturální reakci bránice podmíněnou rychlým postavením se na špičky. Při pokusech došlo k poklesu bránice, k výraznému zvýšení její aktivity a tím pádem i k uskutečnění nádechu. Tuto odpověď nazval posturální reakcí. „Prudký vzestup na špičky odpovídá startovací reakci při běhu či skoku“. (Skládal, 1976)

Nynější předpoklady říkají, že posturální reakce je více komplexní pohyb. Studie Hemberga a Gandevii popisuje jako hlavní mechanismus posturální aktivity bránice zvýšení nitrobřišního tlaku. Toto zvýšení je dáno dynamickou souhrou aktivity bránice, břišních svalů a svalů pánevního dna. Zvýšení nitrobřišního tlaku napomáhá stabilizaci páteře z ventrálního směru a odlehčuje tímto mechanismem dorzální skupinu svalů. (Hemberg, Creswell et.al. 1994, Gandevia 2000)

Další podmínkou správného dýchání je i vyvážený tah svalů okolo lopatky. Lopatku považujeme při dýchání za punctum fixum, neboť se na ní upínají další svaly, které se podílejí na rozvinutí hrudního koše při nádechu. Patří sem především m.serratus anterior, m.pectoralis minor, nepřímo přes humerus i m.pectoralis major. Pro jejich správnou a koordinovanou funkci je zejména nutný vyvážený protitah horních a dolních vláken m.trapezius. M.serratus anterior zajišťuje kromě rozvinutí hrudníku laterálním směrem i funkční propojení s břišní stěnou (na úrovni m. obliquus abdominis externus a m.serratus anterior). Dále vyvážený protitah horních a dolních vláken trapézu je významný pro správnou funkci mm.scalenii a m. sternocleidomastoideus. (Kováčiková, 1998)

Morini, Ciccarelli, Cerulli se zabývali otázkou stabilizace trupu vsedě a ve stoji v závislosti zapojení flexorů a extenzorů trupu. Vsedě byla zjištěna větší antagonistická práce flexorů a extenzorů trupu v porovnání se stojem. Tato schopnost stabilizace trupu vede k prevenci přetížení páteře, zejména bederní. Povrchové EMG vykazovalo podobnou aktivitu vsedě a ve stoji, odlišné hodnoty byly zaznamenány pouze ve svalech m.gluteus maximus a m.biceps femoris. (Morini, Ciccarelli, Cerulli 2008)

Jak již bylo zmíněno výše, bránice se upíná na oblast bederní páteře, což vede k tomu, že se při její kontrakci prohloubí bederní lordóza. Tento, na první pohled neznatelný pohyb je kompenzován aktivitou přímých a šikmých břišních svalů. Dochází k přiblížení stydké spony ke sternu, zmenšuje se anteverze pánve a vyrovnává se tak alespoň částečně bederní lordóza. (Véle1997)

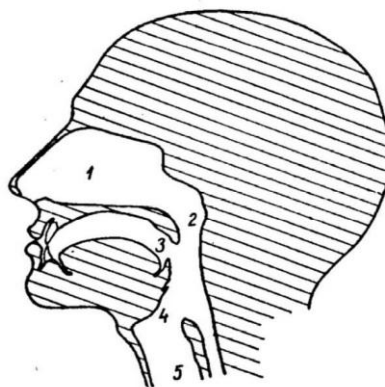
Nejbližší vztah k dechovým pohybům má však hrudní páteř, kdy během dechového cyklu dochází k mírným pohybům ve smyslu flexe a extenze. Aktivní extenze hrudní páteře nastává ve fázi nádechu, kdy je tento pohyb zajištěn díky kontrakci hluboké vrstvy zádoových svalů. Naopak při výdechu dochází k mírné flexi. Během klidného dýchání se při nádechu tlak v dutině břišní zvyšuje a při výdechu zase naopak snižuje. Při forsírovaném dýchání, zejména při výdechu, se pak tlak v dutině břišní zvyšuje, což je dáno zvýšenou aktivitou břišních, pomocných výdechových svalů. (Véle, 1997).

Groote a kol. ve svém výzkumu pomocí 3D kinematické analýzy sledovali pohyby hrudního koše a břišní stěny v poloze vsedě. Zjistili, že markery přiložené na ventrální a laterální str. hrudního koše vykazovaly největší směr pohybu ventrálním a kraniálním směrem a to v průměru o 3-5 mm, laterálním směrem došlo k rozvoji hrudního koše pouze o 1-2 mm. Břišní dutina se při inspiriu pohybovala zejména směrem ventrálním, ostatní složky pohybu byly zanedbatelné. Dorsální část hrudního koše a břišní dutiny také vykazovala významný pohyb a to zejména ventrálním směrem. Jelikož se hrudní a břišní dutina při nádechu posouvala zejména ventrálním směrem, můžeme očekávat, že i těžiště se posouvá ventrálním směrem. (Groote a kol., 1997)

1.2 Fyziologické aspekty dýchání

Dýchací systém zprostředkovává přísun vzdušného kyslíku do organismu a odstranění oxidu uhličitého z těla pryč.

Úkolem dýchacích cest je přichodí vzduch ohřát na tělesnou teplotu a zvýšit jeho vlhkost na 100%. Dýchací cesty začínají nosní dutinou, kterou tvoří nos a vlastní dutina nosní, dále pokračují nosohltanem, hltanem, hrtanem v průdušnici, která se větví na dvě hlavní průdušky (bronchy). Ty vedou vdechovaný vzduch do levé a pravé plic. Bronchy se postupně větví na bronchy prvního, druhého a třetího řádu, jejich počet vzrůstá a průměr klesá. Bronchy třetího řádu přecházejí v průdušinky (bronchioly), ty pak v respirační průdušinky, které jsou zakončeny plicními sklípky (alveolami). (Trojan, 2003)

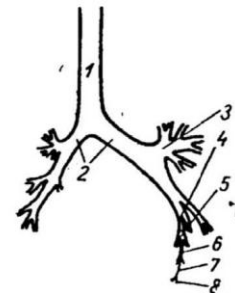


Obrázek 4: Řez horními dýchacími cestami (převzato z Paleček 1999)

Na obrázku č. 6 můžete vidět sagitální řez horních dýchacích cest. Č. 1 znázorňuje nosní dutinu, č. 2 nosohltan, č. 3 hltan, č. 4 hrtan a č. 5 tracheu (průdušnici).

Dýchací cesty jsou svými parametry individuální. Liší se svoji délkou, průměrem či průsvitem. Celkový průsvit dýchacích cest se pod úrovní průdušnice zvětšuje. Průsvit se fyziologicky zvětšuje při nádechu a zmenšuje při výdechu. S nádechem také dochází k prodloužení dýchacích cest, s výdechem k jejich zkrácení. (Mourek, 1979; Paleček, 1999)

Na obrázku můžete vidět nákres dolních cest dýchacích, které začínají č. 1 průdušnicí, dělí se na 2 hlavní průdušky (č. 2.), dále č. 3 na primární průdušky, č. 4 sekundární průdušky, č. 5 terciální průdušky, č. 6 průdušinky, č. 7 respirační průdušinky až na č. 8 plicní sklípky.



Obrázek 5: Schéma dolních dýchacích cest (převzato z Paleček, 1999)

Plicní sklípky mají průměr asi 1/3 mm, ale celkový vnitřní povrch, sloužící k výměně plynů, se odhaduje na 150 m². (Trojan, 2003)

Obsah plynů v alveolárním vzduchu se mění v závislosti na intenzitě metabolismu, na jeho typu (menší nebo větší vylučování CO₂) a na poloze těla.

Po přechodu kyslíku přes alveolokapilární membránu dochází k jeho navázání na hemoglobin. Afinita kyslíku k hemoglobinu závisí na parciálním tlaku kyslíku, kdy 1 g 100% saturovaného Hb může navázat 1,39 ml O₂ a 1 g 75% saturovaného Hb 1,00 ml O₂. (Mourek, 1979; Paleček, 1999)

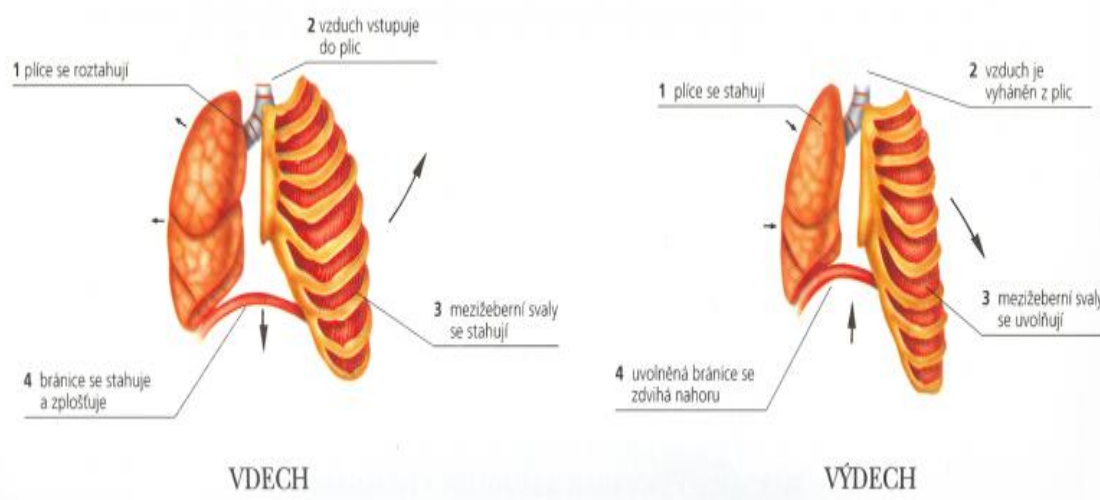
Pro přenos kyslíku z venkovního prostředí do krve jsou potřeba 3 procesy: ventilace, difúze a perfúze. Při ventilaci se pohybuje vzduch do plic a ven. Difúze je spontánní pohyb plynů mezi alveoly a krevními kapiláry. Perfúze je proces, kdy kardiovaskulární systém pumpuje krev přes plíce. Například dodávka kyslíku do svalových buněk v těle závisí nejen na činnosti plic, ale také na schopnosti krve přepravovat kyslík a na schopnosti cirkulace krve ke svalům. (www.merck.com)

„V ideálním případě by měl objem přijatého vzduchu odpovídat kapacitě našich plic (5 000 ml), my však na jedno nadechnutí vdechujeme jen půl litru.“ (www.yogaatwork.co.uk)

„Na podporu výměny kyslíku a oxidu uhličitého je do plic vřáněno 6-10 litrů vzduchu za minutu. Z toho 3/10 litru kyslíku za minutu je přenášeno z alveolů do krve, i když je osoba v klidu. Z těla se vyprodukuje stejné množství oxidu uhličitého.“ (www.merck.com) Pulmonální vény slouží jako plicní rezervoár. Při horizontální poloze se zvýší množství krve v plicích o 400 ml. (www.merck.com)

1.2.1 Dechový cyklus

Základní jednotkou dýchání je jeden dechový cyklus, který se skládá z nádechu neboli inspirace, preexpirační pauzy, výdechu neboli expirace a preinspirace. Tento cyklus se neustále opakuje, při klidném dýchání cca 16krát za minutu. Dochází ke změnám v dechovém cyklu co se týče délky trvání, rychlosti.



Obrázek 6: Dechové pohyby (převzato z www.ouhsc.edu)

Na obr. č. 3 můžete vidět základní dechový mechanismus. Při nádechu dochází k oploštění bránice a centrum tendineum se posunuje kaudálním směrem, mezižební svaly se kontrahují, tím dochází ke snížení intrathorakálního tlaku a vzduch je nasáván do plic.

Při výdechu dochází v první fázi k relaxaci nádechových svalů, k uvolnění naakumulované energie, a tím je vzduch vytlačen z plic do okolního prostředí. Tyto dvě hlavní fáze dechového cyklu je třeba doplnit ještě dvěma menšími, ale pro analýzu a cvičení dechu důležitými fázemi: fází preinspirační a fází preexpirační.

Fáze preinspirační trvá asi 250 ms. Je to krátká pauza dýchacího expiračního pohybu předtím, než se změní v pohyb inspirační. Během této fáze ještě trvá inhibiční vliv expiračního pohybu na svalovou aktivitu posturálně-lokomočního systému. Lze ji vědomě prodloužit a tento inhibiční účinek akcentovat. Používá se např. před

provedením nárazové manipulace jako relaxační příprava, která snižuje obrannou aktivitu svalů při nárazové manipulaci.

Fáze preexpirační je kratší a trvá asi 50 -100 ms. Je to krátká pauza dýchacího inspiračního pohybu předtím, než se změní v pohyb expirační. Během této fáze přetrvává ještě excitační vliv inspirace na svalovou aktivitu posturálně-lokomočního systému. Lze ji taktéž vědomě prodloužit a tím tento excitační účinek akcentovat.

Schéma dýchání:

	Inspirace	Exspirace
Popis	Pokles bránice Elevace a expanze žeb Vzdut intrathorakálního objemu Pokles intrathorakálního tlaku Vzduch z místa vyššího tlaku (vnější prostor) proudí do místa tlaku nižšího (plíce)	Vzestup bránice Žebra klesají a přibližují se Pokles intrathorakálního objemu Vzdut intrathorakálního tlaku Vzduch z místa vyššího tlaku (plíce) proudí do místa tlaku nižšího (vnější prostor)
Složení vzduchu	78% dusík 21% kyslík 1% ostatní plyny	78% dusík 4% oxid uhličitý 17% kyslík 1% ostatní plyny

V tabulce můžete vidět shrnutí průběhu dýchání a výměnu plynů. (www.ouhsc.edu)

Pohybovou osu dýchání tvoří pánev-páteř-hlava. Charakter dýchání a stabilizace osového orgánu spolu velmi souvisí. (Smolíková, Máček 2006)

Během nádechu dochází k pohybu vnitřních orgánů směrem kaudálním a to i o značnou vzdálenost. Například ledvina mění svoji pozici během nádechu až o 5 cm. Tím dochází k jakési masáži a zvýšenému prokrvení vnitřních orgánů. Dochází také k vyprazdňování žlučových, slinivky apod. (Rychnovský T., 2007)

Např. z výzkumu Harauz, Bronskill zabývajícími se pohybem ledvin v poloze vleže na zádech a ve stoji, vyplývá, že ve stoji se ledviny pohybují daleko rychleji než vleže, ale na úkor velikosti amplitudy. Ve stoji vykazují ledviny menší stupeň výchylky s porovnáním vleže na zádech. (Harauz, Bronskill, 1979)

Při nádechu je facilitována extenze a při výdechu flexe trupu. Pro samotnou hrudní páteř to ovšem platí právě opačně: nádech způsobuje zakřivení a výdech oploštění hrudní části páteře. Platí také pravidlo, že nádech excituje, výdech relaxuje. Také v preinspirační fázi přetrvává inhibiční účinek a v preexpirační fázi zase excitační účinek. Týká se to kosterních svalů celého těla včetně páteře, kromě primárně respiračních svalů, jejichž excitabilita je vázána na respirační cyklus. Zvláště výrazné je toto ovlivnění u svalů, které mají své motoneurony v blízkosti dechových center prodloužené míchy, tedy v horních krčních segmentech. (Dvořák 1996; Lewit 1996, Véle 1997)

Dochází ke střetu dvou základních funkcí pohybové soustavy – vlastního dýchání a prostorového pohybu těla, kdy stejné svaly a velké svalové skupiny zajišťují obě funkce současně. Vždy však svaly upřednostní vitální funkci dýchání před pohybovou funkcí kloubů a svalů. Postupně se tak mění nejen elastické vlastnosti svalových vláken, ale také kvalita jejich účinku. Dochází k tomu, že svaly z fylogenetického vývoje určené jako posturálně lokomoční jsou z pohledu ontogenetického vývoje jedince užívány téměř jako svaly dechové. (Smolíková, Máček 2006)

Dýchání samo je zdrojem určitých pocitů a emocionální vlivy mění dýchací rytmus i hloubku dýchání. Při různých stavech myslí se dech zkracuje nebo prodlužuje. Obecně platí, že při nádechu se zvyšuje dráždivost nervové soustavy i svalů a při výdechu se dráždivost snižuje. Dýchání jako vitální funkce ovlivňuje napětí svalů v celém těle. (Stackeová, 2005)

Nejčastějším ukazatelem patologického stavu bránice je stereotyp dýchání. Pokud je špatné zapojení bránice do funkčních, dechově posturálních vztahů, dochází zejména k zapojení pomocných svalů dechových. Pohyb v oblasti sternu je kraniokaudální. Nedochází k rozšiřování dolních žeberních prostor a dolní hrudní apertury. Vše je následkem porušení biomechanických vztahů trupu. Kraniální migrace sternu způsobuje zešíkmení předozadní osy bránice, následuje snížení aktivity m. transversus abdominis, který tvoří důležité punctum fixum nejen pro bránici, ale i pro břišní svaly. Vlivem nedostatečné stabilizační aktivity bránice dochází ke zvýšené aktivitě paravertebrálních svalů a horní části m. rectus abdominis. Toto zvýšení aktivity je snahou o stabilizaci trupu náhradními mechanizmy. (Kolář, Charvát, bakalářská práce 2007)

Na průběhu dýchání se podílí mnoho faktorů. Ráda bych vyzdvihla jen ty základní:

- Věk - s narůstajícím věkem můžeme vidět nárůst vadného držení těla, dochází např. ke kyfotizaci hrudní páteře, což vede k omezení pohybu žebek a následně ke změně způsobu dýchání .
- Pohlaví - obecně muži dýchají ve větší míře ve spodní části břicha, kdežto ženy v oblasti horního hrudníku.
- Držení těla – „dobré“ držení těla je nezbytná pro optimální dýchání.
- Fyzický stav - z dlouhodobého i krátkodobého pohledu.
- Psychický stav - z dlouhodobého i krátkodobého pohledu (emoce, stres...).
- Aktivity - spojené s krátkodobou i dlouhodobou minulostí.
- Aktuální činnost
- Poloha těla – pohybové návyky, statická činnost, práce u počítače.
- Patologické změny respiračního systému
- Těsně přiléhající oděv, těhotenství atd.

1.2.2 Dechové parametry plic

Funkce plic a dýchání je hodnocena v klinické diagnostice na základě parametrů plicních objemů a kapacity. Jsou závislé na fyzikálních a mechanických vlastnostech plic, hrudního koše a respiračních svalů.

Níže jsou popsány základní plicní objemy a od nich odvozené plicní kapacity dle Trojana a Silbernagla. (Trojan 2003, Silbernagl 1999)

Základní objemy:

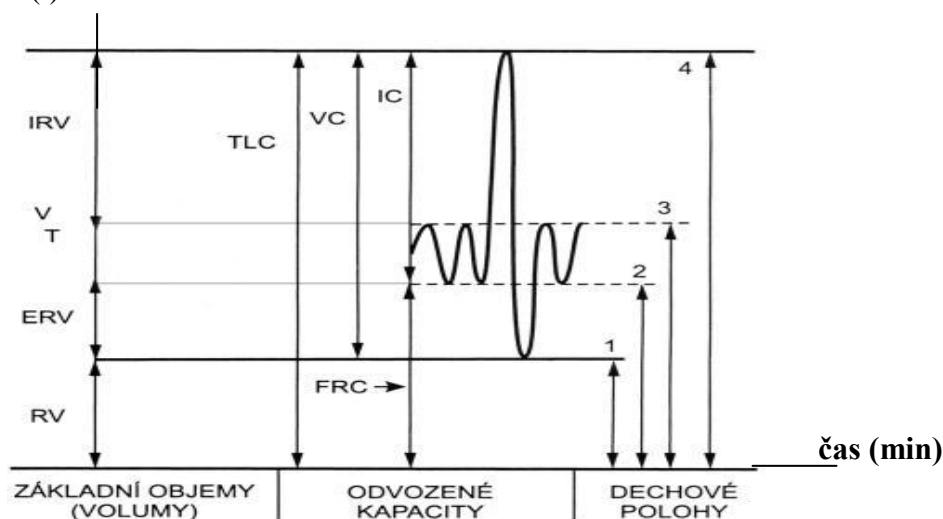
- Dechový objem (Vt) – objem vzduchu vdechnutý při klidové inspiraci – 0,5 l.
- Inspirační rezervní objem (IRV) – objem vzduchu vdechnutý při max. úsilí – 3,5 l
- Expirační rezervní objem (ERV) – objem vzduchu vydechnutý po klidném výdechu – 1,7 l.
- Reziduální objem (RV) – objem vzduchu zbylý v plicích po max. výdechu – 1,3 l, RV ve stáří stoupá.
- Objem mrtvého prostoru (DSV) – objem vzduchu, ve kterém nedochází k výměně plynů, zahrnuje část anatomickou (horní cesty dýchací) a funkční (plicní sklípky).

Odvozené kapacity:

- Vitální kapacita (VC) – rozdíl objemu vzduchu mezi max. nádechem a max. výdechem ve stáří či vlivem plicních onemocnění klesá.
 - o $VC = V_t + IRV + ERV$
 - o Je důležitým funkčním ukazatelem. Čím vyšší má jedinec vitální kapacitu, tím je schopen při větší tělesné námaze prohlubovat své dýchání. Největší vitální kapacitu plic mají trénovaní sportovci, trubači, zpěváci, foukači skla apod.
 - o Průměrná hodnota vitální kapacity se u mužů pohybuje mezi 5-5,3 l a u žen mezi 3,2-3,3 l.
- Celková kapacita plic (TLC) – celkový objem vzduchu, který se udrží v plicích na konci max. nádechu - 6-7 l,
 - o $TLC = VC + RV = V_t + IRV + ERV$

- Inspirační kapacita (IC) – max. objem vzduchu vdechnutý po normálním výdechu.
 - $IC = V_t + IRV$
- Funkční reziduální kapacita (FRC) – objem vzduchu zůstávající v plicích na konci normálního výdechu.
 - $FRC = ERV + RV$
- Zesílený expirační objem (FEVt) - objem vzduchu, který může být vydechnutý z plic po max. nádechu.

objem vzduchu (l)



Obrázek 7: Spirometrické parametry (převzato z www.is.muni.cz/elportal)

Na obrázku můžete vidět znázornění dechových parametrů. V levé části jsou popsány základní dechové objemy, mezi něž patří inspirační rezervní objem (IRV), dechový objem (V_t), expirační rezervní objem (ERV) a reziduální objem (RV). Ve střední části obrázku se nachází odvozené kapacity, které je nutno dopočítat (viz. výše – odvozené kapacity) jako vitální kapacita (VC), inspirační kapacita (IC), celková kapacita plic (TLC) a funkční reziduální kapacita (FRC). V pravé části obrázku jsou popisovány dechové polohy. Dechová poloha č. 1 je kapacita plic, č. 2 maximální výdech, č. 3 klidový výdech a č. 4 maximální nádech.

Křivka v obrázku znázorňuje průběh dýchání v litrech za jednotku času. Přičemž první 2 sinusoidy popisují klidové dýchání, další hluboký nádech, hluboký výdech a poslední opět klidové dýchání.

Objem vzduchu vydechnutý s maximálním úsilím po předchozím maximálním nádechu se nazývá vitální kapacita. Ta je důležitým funkčním ukazatelem každého jedince. Čím větší má kdo vitální kapacitu, tím více může prohlubovat své dýchání, je-li vystaven větší tělesné zátěži. Největší vitální kapacitu plic mají trénovaní sportovci, trubači, zpěváci, foukači skla apod. V běžné populaci činí velikost vitální kapacity u mladého muže 4,5 až 5 litrů, u ženy 3,5 litru. Vitální kapacita plic se zmenšuje ve stáří nebo vlivem plicních nemocí. (Valenta, Konvičková, 1997):

Metody zjišťující dechové parametry plic:

1. Spirometrie – zjištění průtokové mechaniky.
2. Pletysmografie optoelektronická – měří objem hrudního koše a plic.
3. Pneumotografie – měří proudový odpor dýchacích cest.
4. 3D kinematická analýza – určuje tvarové změny hrudníku v prostoru.
5. Moiré vyšetření - obraz vrstevnic nám dovoluje provést prostorovou rekonstrukci tvaru.
6. Výpočet transdiafragmálního tlaku - jako rozdílu mezi tlakem gastrickým a esophageálním.
7. Oscilační metoda - určena k měření změn průsvitu dýchacích cest.
8. Magnetometrie - slouží ke stanovení posunu měřených úseků například hrudní a břišní stěny.
9. Metodou testování plynů v arteriální krvi – zjišťujeme koncentraci a parciální tlaky O_2 a CO_2 obsažené v arteriální krvi.

Nejrozšířenější a nejvyužívanější metodou zjištění dechových parametrů je **spirometrická metoda**. Spirometrie může být využívána se širokou škálou vybavení a požadavků na spolupráci mezi testovanou osobou a vyšetřujícím. Při spirometrickém testování vzduch z úst člověka proudí trubicí o známém průměru, která je připojena ke spirometru, jehož základním prvkem je průtokové měřící čidlo (pneumograf). Spirometry jsou zkonstruovány tak, aby kladly co nejmenší odpor pohybům, měly co nejmenší setrvačnost a hmotnost. Výsledkem je spirometrická křivka (spirograf), na níž je možno nejen odečíst hodnotu vitální kapacity, ale i dalších parametrů jako objem vzduchu při nádechu, objem vzduchu v první sekundě maximálního výdechu a celou řadu dalších hodnot (V_t , VC , FVC , FEV_t). Nemohou být stanoveny parametry: TLC , RV , FRC . (Clausen, 2005; Miller 2005)

1.2.3 Řízení a regulace dýchání

Dýchání je jediná vitální funkce ovlivnitelná naší vůlí. Představuje spojovací článek mezi řízením autonomních a volných pohybů.

Dýchání je řízeno jak volným řízením cerebrospinálním nervovým systémem dle potřeby jedince (např. hlasový projev), tak mimovolním vegetativním nervovým systémem pro potřeby vnitřního prostředí.

Podvědomé řízení dýchání vychází z dýchacích center, které jsou umístěné v prodloužené míše a v pontu. Zjistilo se, že dýchací centra jsou 2 – expirační a inspirační, umístěná v oblasti retikulární formace a prodloužené míchy. Neurony vykazují rytmickou aktivitu, která je totožná s frekvencí dechových pohybů. Tato rytmická činnost je ovšem závislá na velkém počtu regulujících vlivů. Jedná se o vlivy přicházející z vyšších oddílů CNS (vědomé ovlivnění dýchání) a vlivy pocházející z různých receptorů. (Mourek, 1979)

Autonomní regulace dýchání přichází cestou n. vagus. Receptory tahu v alveolech a bronchiolech signalizující do n. vagus aktuální stav. Kdy v inspiriu dochází ke zvýšenému tahu za tyto receptory a následně k inhibici nádechu. Při výdechu tah za receptory klesá, tudíž se facilituje nádechová složka n. vagus. Impulsní frekvence n.vagus vzrůstá v inspiriu a klesá v expiriu. (Stejskal, 1981)

Do regulace dýchání můžeme zařadit dle Mourka (Mourek, 1979):

- *Inflační receptory v plicích* – cestou n.vagus reagují na zvýšený interpulmonální tlak při nádechu a zvýšené rozpětí tkáně. Následně dochází k inhibici inspiračních neuronů a aktivaci expiračního centra (Hering – Breuerovy reflexy).

- *Proprioceptory dýchacích svalů*

- *Aferentace z horních a dolních cest dýchacích* (tj. ze sliznice nosu, nosohltanu a trachey).

- *Chemoreceptory* – registrují hodnoty parciálních tlaků dýchacích plynů ve vnitřním prostředí organismu. Reagují zejména snížením pCO₂ v globus caroticum a oblouku aorty.

1.3 Biomechanické aspekty dýchání

Dýchání (respirace) je společně s činností oběhového a nervového systému jednou ze tří základních „vitálních“ funkcí organismu. Dýchání je popisováno jako periodický a rytmický proces vdechování vzduchu (inspirace) a jeho vydechování (expirace). Každou minutu se uvolní 200 ml CO₂ a přijme 250 ml O₂. (Navrátil, Rosina, 2005)

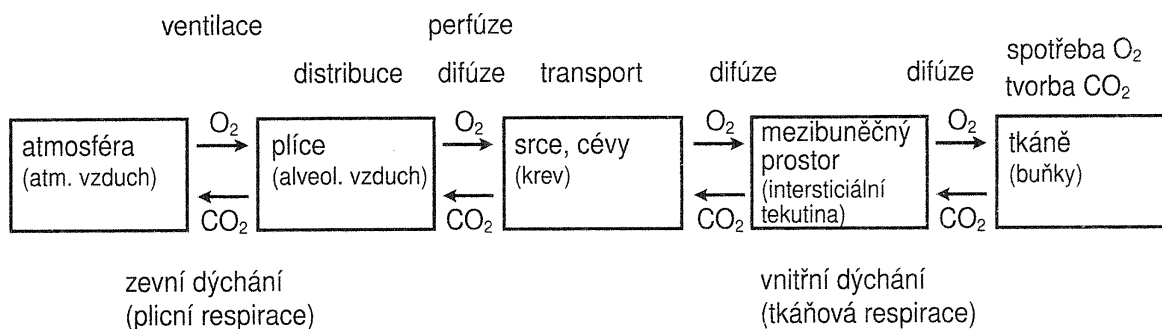
Základní funkcí dýchání je proces výměny plynů mezi zevním prostředím a buňkami těla. Podle lokalizace procesů rozdělujeme dýchání na **zevní a vnitřní**.

Zevní dýchání

- plicní ventilace – pravidelná výměna vzduchu během inspirace a expirace, která je zabezpečena kontrakcí dýchacích svalů
- distribuce – promíchání inspirovaného vzduchu se vzduchem, který zůstal v dýchacích cestách a v plicích po předchozím výdechu (anatomický mrtvý prostor – 150 ml)
- difúze – přestup kyslíku a oxidu uhličitého ve směru tlakového gradientu přes alveolární membránu
- perfúze – trvalá cirkulace krve plicním řečištěm, která se podílí na udržování tlakového gradientu pro O₂ a CO₂

Vnitřní dýchání

Jedná se o tzv. tkáňovou respiraci. Představuje difúzi O₂ a CO₂ mezi krví a tkáněmi ve směru gradientu parciálních tlaků. (Navrátil, Rosina, 2005)



Obrázek 8: Schéma respirace (převzato z Navrátil, Rosina, 2005)

Na schématu výše jsou patrné procesy, které vedou k výměně plynů mezi buňkami a zevním prostředím.

1.3.1 Mechanika dýchání

Podmínkou proudění vzduchu je tlakový rozdíl mezi atmosférou a alveoly. Tyto změny nitrohruďního a nitrobřišního tlaku jsou zabezpečovány činnostmi dýchacích svalů při inspiraci a expiraci.

Na **dechovém cyklu** se podílí **inspirace** a **expirace**.

Inspirace

Dochází k aktivní kontrakci inspiračních svalů, rozšiřuje se dutina hrudní, zvětšuje se její objem a dochází ke snížení interpleurálního tlaku (tlak mezi parietální a viscerální pleurou). Jeho hodnota je po klidném výdechu asi o 4 mmHg nižší než atmosférický tlak, a proto dochází ke kompenzaci prouděním vzduchu ve směru tlakového gradientu, z okolní atmosféry do plic. Za 60% změny nitrohruďního tlaku zodpovídá bránice, která se při klidném dýchání pohybuje kaudálním směrem o cca 1,5 cm a při hlubokém dýchání o 7-13 cm. (Niezgodská, 2007; Navrátil, Rosina, 2005)

Expirace – je na rozdíl od inspirace pasivní děj. Inspirační svaly postupně relaxují. Tlak v plicích je větší než atmosférický. Dochází k proudění vzduchu ve směru tlakového gradientu z plic do okolní atmosféry. Zdrojem energie je uložená potenciální energie v elastických strukturách bránice, kterou získala při její kontrakci. (Niezgodská, 2007)

Plice jsou pružný orgán (tato vlastnost je nazývána elasticitou E), které mají tendenci se smršťovat (retrahovat). Tuto retrakční sílu vyjadřujeme jako plicní compliance (poddajnost - C).

Compliance popisuje velikost transpulmonálního tlaku nutnou pro změnu plicního objemu.

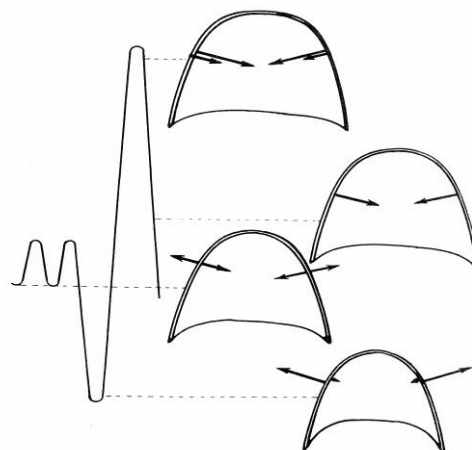
Lze ji vyjádřit jako převrácenou hodnotu plicní elasticity $C = 1/E$.

Čím je hodnota plicní compliance vyšší, tím jsou plíce více poddajné a naopak čím je hodnota nižší, tím jsou plíce tužší. Poddajnost plic činí u dospělého člověka 2 l/kPa.

Elasticita respiračního systému je rovna součtu elasticity plic E_L a elasticity hrudní stěny E_W .

$$E_{RS} = E_L + E_W$$

Na obr. č. 9 jsou znázorněny vektory elastických sil plic stěny hrudníku v různých úrovních vitální kapacity. Při maximálním inspiriu jsou síly snažící se o exspirium nejvyšší a naopak při maximálním expiriu jsou nejvyšší síly inspirační.



Obrázek 9: Vektory elastických sil plic stěny hrudníku v různých úrovních vitální kapacity (převzato z Máček, Smolíková, 2006)

V průběhu objemových změn se začínají uplatňovat dynamické odpory vznikající při proudění vzduchu a třecí odpory vznikající při přesunu tkání v hrudníku a dutině břišní.

Nejdůležitějším dynamickým odporem je odpor kladený při proudění vzduchu v dýchacích cestách. Více než polovinou se podílejí na dynamickém odporu horní dýchací cesty, z toho nejvíce dutina nosní. Tyto odpory jsou značně proměnlivé, mění se dech od dechu, ale i v průběhu jednoho dechového cyklu. Odpor dýchacích cest roste s proudovou rychlostí, nikoliv však lineárně. Normálně připadá z celkového odporu na ústa a nos 50%, na farynx 25%, na tracheu 15% a na drobnější cesty dýchací 10% (Niezgodská, 2007)

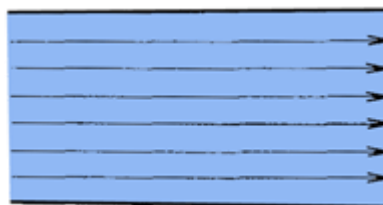
U zdravé osoby není velkého rozdílu v odporech dýchacích cest mezi nádechem a výdechem, i když je patrné, že během výdechu je tento odpor vyšší zejména v dolních dýchacích cestách, což je zapříčiněno vlivem transmuralního tlaku na průsvit dýchacích cest. Uplatňuje se i tah okolních struktur na bronchiální stěny. (Máček, Smolíková, 1995)

1.3.1.1 Mechanika tekutin

Patří sem jednak hydrostatika a aerostatika, které zkoumají vlastnosti kapalin a plynů. Hydrodynamika a aerodynamika sleduje pohyb.

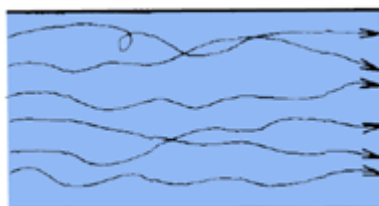
Společným znakem kapalin a plynů je jejich tekutost. Závisí na vnitřním tření (viskozitě), kdy při zvýšené viskozitě dochází ke zpomalení pohybu částic. Přimo při stěně (v tzv. mezní vrstvě kapaliny) je rychlost částic rovna nule a s rostoucí vzdáleností od stěny se postupně rychlost zvyšuje. Největší rychlost dosahuje proud v ose trubice (tento tzv. rychlostní profil je parabolický). Proudění reálné kapaliny v menších rychlostech je laminární – rychlost je lineárně úměrná tlakovému gradientu a odpor závisí na viskozitě plynu, nezávisí na jeho hustotě a rychlosti proudění.

Rychlost laminárního proudění je lineárně úměrná tlakovému gradientu a odpor závisí na viskozitě plynu a nezávisí na jeho hustotě a rychlosti proudění.



Obrázek 10: Laminární proudění (převzato z www.wikipedia.org/wiki/Laminární_proudění)

Při vyšších rychlostech vzniká turbulentní proudění – kromě pohybu tekutin ve směru proudění se objevuje i proudění vírové, kdy dochází k míchání tekutin v příčném řezu. Rychlost tekutin se nepravidelně mění co do velikosti i do směru. Ke vzniku turbulentního proudění v dýchacích cestách přispívají všechna zúžení, urychlení proudění vzduchu, hustota vdechované plynné směsi, nerovnosti povrchu zvětvení (zejména v obl. nosní dutiny, laryngu, větvení na úrovni trachey a bronchů). (Grepel, 2000)



Obrázek 11: Turbulentní proudění (převzato z www.wikipedia.org/wiki/Turbulentní_proudění)

U pohybujících se kapalin používáme objemový a hmotnostní průtok.

Objemový průtok (Q_v) – je popisován jako objem kapaliny, který proteče zvoleným průřezem za jednotku času.

$$Q_v = V/t \qquad \begin{array}{l} V \dots \text{objem} \\ t \dots \text{čas} \end{array}$$

Objemový průtok lze i vypočítat jako součin rychlosti a plochy, kterou tekutina kolmo proudí. Objem plynu je závislý na tlaku, proto i objemový průtok bude na tlaku závislý. U kapalin je objemový průtok na tlaku nezávislý.

Hmotnostní průtok (Q_m) – je definován jako hmotnost kapaliny, která proteče zvoleným průřezem za jednotku času.

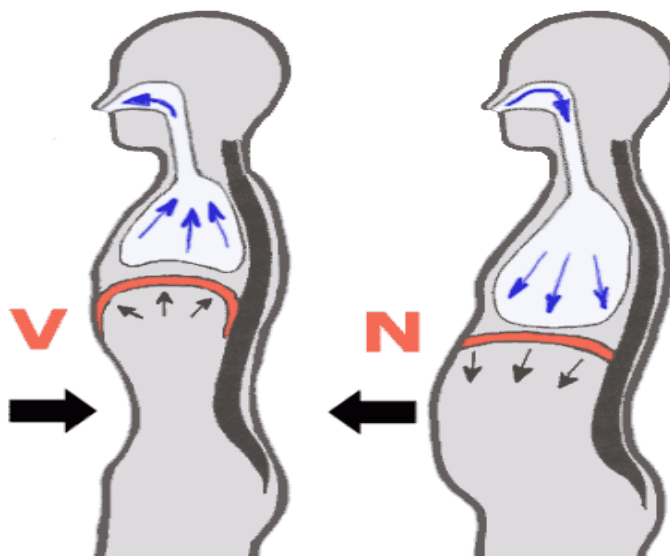
$$Q_m = m/t \qquad \begin{array}{l} m \dots \text{hmotnost} \\ t \dots \text{čas} \end{array}$$

1.4 Typy dýchání

V literatuře můžeme najít 3 základní typy dýchání. Patří sem dýchání břišní (brániční), hrudní (myšleno střední a dolní hrudní) a podklíčkové (horní hrudní).

1.4.1 Břišní typ dýchání

Hlavním využívaným svalem je bránice, proto se taky tomu někdy říká dýchání brániční. Podporuje se zejména výměna plynů ve spodní části plic, které jsou nejvíce prokrveny. Břišní dýchání je důležité pro správnou funkci všech orgánů, stabilizuje krevní tlak nebo podporuje spánek. Významně se také podílí na stabilizaci trupu. Při jeho nedostatečnosti se naopak rozvíjí sklon k zácpě, špatnému trávení, hemoroidům, pocitu nedostatku energie atd.



Obrázek 12: Břišní typ dýchání (převzato z Niezgodská, 2007)

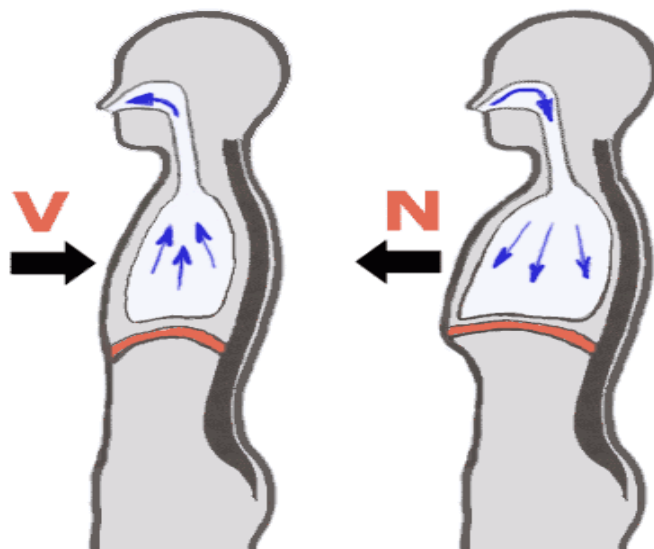
Na obrázku můžete pozorovat, že během výdechu dochází k elevaci bránice a posunuje se do dutiny hrudní. Břišní stěna se zatahuje.

Během nádechu dochází k oploštění bránice, která se posunuje kaudálně a břišní stěna se vydouvá.

Tento typ dýchání většinou lépe používají muži. U žen je jeho podíl často nižší. Během těhotenství je postupně toto dýchání omezováno.

1.4.2 Hrudní typ dýchání

Při tomto typu dýchání se zapojují zejména svaly mezižeberní. Výměna dýchacích plynů je zejména podporována ve střední části plic. Při nádechu dochází ke zvedání hrudního koše a částečně i k jeho rozpínání do všech stran. Výdech je v případě uvolněného dýchání zabezpečen elasticitou hrudníku a probíhá již pasivně.



Obrázek 13: Hrudní typ dýchání (převzato z Niezgodská, 2007)

Na obrázku výše lze spatřit, že během výdechu se bránice neposouvá tolik kranialně, jak tomu bylo v případě břišního dýchání a i břišní stěna se zatahuje v menší míře. Při nádechu nedochází k vyklenutí břišní stěny, zůstává oploštěná a pouze hrudník se posouvá směrem ventrálním a kranialním.

1.4.3 Podklíčkové dýchání

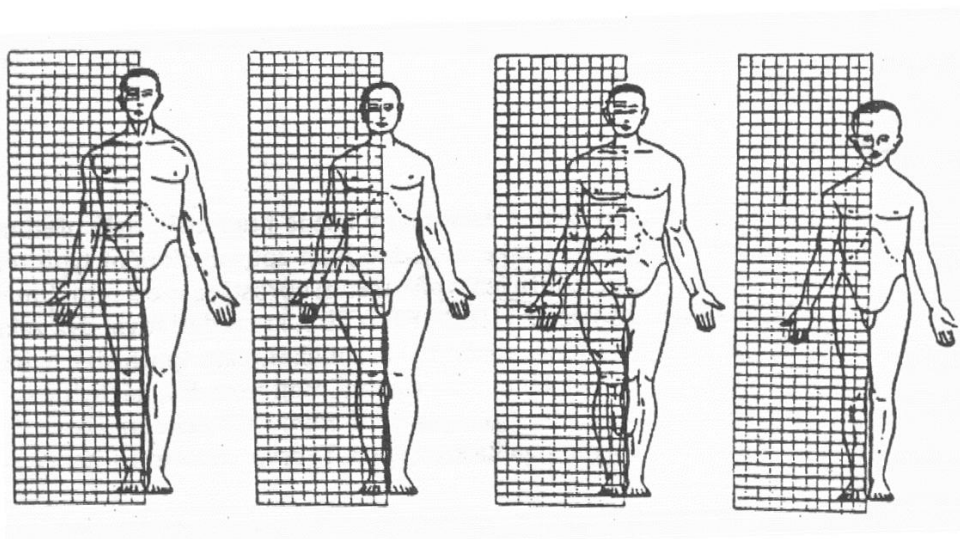
K nejvyšším exkurzím hrudníku dochází v oblasti horního hrudníku. Z pohledu mechaniky a zapojení svalů se výrazně neliší od dýchání hrudního. Dýchání je opět zajištěno zejména činností mezižeberních svalů. Podílejí se tu ale i šikmé svaly krku (musculi scaleni). Je popisováno jako dýchání s maximální úsilím, ale s minimálním efektem, kdy lze nadechnout jen malé množství vzduchu. (www.sinavanda.org)

1.5 Tělesná typologie

Dle tělesné typologie můžeme rozlišovat různé druhy somatotypů. Této otázce se věnovalo mnoho autorů, podle kterých máme i rozdílné dělení.

Jedno ze starších dělení dle Hallého, Rostana a Siguida:

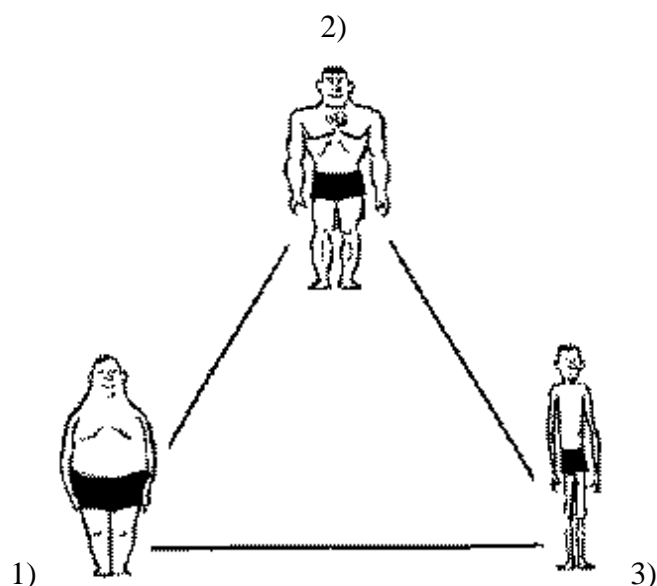
1) Dechový typ	velký hrudník (1. zleva)
2) Zaživací typ	malý hrudník, velké břicho (2. zleva)
3) Svalový typ	vyrýsované svalstvo na trupu a končetinách (3. zleva)
4) Mozkomíšní typ	drobné tělo a velká hlava (4. zleva)



Obrázek 14: Rozdělení somatotypů dle Hallého, Rostana a Siguida (převzato z www.eamos.cz/amos)

Nejvíce užívanou metodou pro určování somatotypu je Sheldonova typologie. Sheldon používal ke stanovení tělesného typu „fotoskopie“, což jsou standardní fotografie vytvořené zepředu a z boku člověka, které následně porovnával s atlasem a tabulkou na distribuci somatotypu pomocí výškového indexu. (www.eamos.cz)

1) Endomorfní komponenta	vztahuje se k relativní tloušťce či hubenosti, tedy k množství tukové tkáně
2) Mezomorfní komponenta	vztahuje se k relativnímu rozvoji svalové soustavy ve vztahu k tělesné výšce
3) Ektomorfní komponenta	vztahuje se k relativní délce částí těla



Obrázek 15: Rozdělení somatotypů dle Sheldona (převzato z www.eamos.cz)

Určování somatotypu dle Heath-Cartera je vlastně adaptace Sheldonovy metody, kde na základě tabulky pro stanovení jednotlivých komponent je možné určit somatotyp s přesností 0,5 bodu. Tělesné typy člověka opět rozděluje na endomorfní, ektomorfní a mezomorfní složku (viz. obrázek výše – 1),2),3)).

Metoda spočívá v tom, že se provedou určitá antropometrická měření. Např. tělesná výška, tělesná hmotnost, obvod paže kontrahované, obvod lýtky. Tyto hodnoty se poté zanesou do příslušných protokolů a jejich pomocí se vyhodnotí stupně jednotlivých komponent.

1.6 Vliv polohy segmentů těla na dýchání

Člověk se neustále pohybuje v trojrozměrném světě a působí na něj mnoho vnějších sil. Hlavní síla, která ovlivňuje polohu a pohyb je síla gravitační. Díky jejímu vlivu dochází v těle člověka ke vzniku různých tahových a tlakových sil, které následně ovlivňují pohybové stereotypy, mezi něž můžeme počítat i dýchání.

Nejčastěji se tělo nachází v poloze horizontální nebo vertikální. Ostatní polohy jsou vlastně modifikací těchto dvou základních poloh. Kromě zaujmutí určité polohy těla v prostoru je důležitá i otázka stability těla v této poloze, která souvisí s prací těžiště těla. (Wang, 2008)

Z výsledků výzkumů dle Čumpelíka (2006) je patrné, že při změně polohy těla dochází vždy ke změně tvaru, polohy a pohybu bránice, hrudníku a břišní stěny. V poloze napřímení těla dojde k pohybu hrudníku, bránice a břišní stěny v rovině frontální. Při zvedání sternu, anteflexi a retroflexi hlavy se sternum nebo břišní stěna pohybují v sagitální rovině. (Čumpelík, 2006) (Komentář: Nevýhodou výzkumu je, že měření probíhalo zatím pouze na jedné osobě).

Charbel a kol. porovnával ve svém výzkumu vliv poloh těla na dýchání. Měření bylo prováděno v těchto polohách: stoj, sed na židli, sed na posteli s vertikálním postavením páteře, sed na posteli s postavením páteře ve sklonu 45°, leh na břiše, leh na boku a leh na boku s hlavou dolů ve sklonu 20°. Výsledkem bylo, že k největší dechové výměně dochází v poloze ve stoji, následuje poloha vsedě na židli. Nejmenší dechové objemy byly naměřeny v poloze vleže na boku s hlavou dolů. (Charbel B, 2002)

Kera a Maruyama zkoumali efekt polohy těla na aktivaci břišních svalů. Zvolili polohy vleže na břiše, ve stoji, vsedě, vsedě s lokty opřenými o kolena. Pomocí elektromyografie pozorovali aktivaci m.rectus abdominis, m.internii a externii abdominis. Zjistili, že při maximálním prohloubeném dýchání dochází k nejmenší aktivaci m.internus abdominis v poloze vsedě s lokty opřenými o kolena v porovnání s ostatními polohami. Externus obliquus abdominis má nejnižší aktivitu v poloze na břiše a m.internus abdominis má větší aktivitu ve stoji než v dalších měřených polohách. Během volného dýchání byla nejvyšší aktivita m.externus abdominis naměřena v poloze vsedě s lokty na kolenou. Nejvyšší aktivita m.internus abdominis byla naměřena ve stoji, jak při nádechu, tak při výdechu. Aktivita m.rectus abdominis se

s polohou neměnila. Závěrem ve své práci zmiňují, že změny aktivity břišních svalů jsou důvodem změn anatomických a vlivem gravitace. Např. vsedě s lokty opřenými o kolena dochází k větším pohybům dolních žebíř a tudíž ke zvýšené aktivaci m.externus abdominis. Naopak ve stoji, kdy je napnutá viscera je patrná zvýšená aktivace m. internus abdominis (Kera, Maruyama, 2005).

Vleže na zádech dochází k napřimání páteře. Na dýchání má vliv změna gravitačních sil, které působí na hrudník, bránici a břišní svalstvo. Bránice je v poloze vleže na zádech položena více kraniálně a vyšší je i tenzní nastavení břišního svalstva. Dochází k omezení předozadních pohybů žebíř, proto je tato poloha považována za zátěžovou (Máček, Smolíková 2006; Kapandji, 1974).

Vleže na boku jsou pohyby žebíř naléhající strany blokovány. Část bránice příslušející naléhající straně je však volnější tím, že mediastinum svou hmotností napíná část bránice, která přísluší k volné nenaléhající straně. Část bránice nezátěžené strany je však blokována hmotností srdce, které omezuje její pohyblivost. Tlak abdominální břišní dutiny je větší a vytlačuje bránici kraniálně. (Máček, Smolíková 2006; Kapandji, 1974).

1.6.1 Sed

Jednou ze zásadních změn životního stylu v civilizovaných zemích je v posledních desítkách let výrazný posun k sedavému způsobu života. Sedíme více nejen v práci, ale i ve volném čase u obrazovek, televizí a počítačů, či v dopravních prostředcích. Na druhé straně velmi ubylo různorodých pohybových aktivit, především chůze a činností, při kterých dochází k přirozené rotaci páteře. Ubylo i pracovních činností s dynamickým pracovním zatížením pohybového aparátu. Když už jsou práce fyzicky náročné, tak často převažuje statický stoj nebo sed před pestrým různorodým pohybem.

Sed je popisován jako poloha, ve které je váha trupu převáděna do opěrných oblastí převážně sedacími hrboly a jejich okolními tkáněmi. Liší se tak od stoje velikostí plochy opory a polohou horních a dolních končetin vůči trupu. Čím větší je plocha opory a čím níže se nachází těžiště těla, tím se sed stává stabilnějším (Koniár, 1990; Mahr, 2001).

Poloha v sedu je mechanicky výhodnější než poloha ve stoji. Vsedě dochází ke většímu vytvoření transpulmonálního tlaku, což se např. projeví větším prouděním vzduchu u obstrukční choroby plicní. (Pierson, Dick, Petty 1976).

Při sedu se pánev dostává do retroverze, což následně vede ke snížení lordotického zakřivení v bederní páteři. Optimální křivky páteře zajišťují, aby byl rovnoměrně rozložený tlak na meziobratlové destičky. Dojde-li ke změně tohoto zakřivení, dochází i k nefyziologickému rozložení tlaku na ploténky, což následně může způsobovat bolesti zad až výhřez ploténky. (Donald, Harrison, 2000)

V sedu dochází zdánlivě k vyřazení dolních končetin z posturální funkce, ale jejich postavení zejména v kyčli ovlivňuje polohu osového orgánu pro svůj vliv na postavení pánve (Véle, 1995). Změna postavení pánve ovlivňuje zakřivení bederní páteře a to pak dále i páteř hrudní a krční (Rašev, 1992).

Vsedě srdce snižuje svůj výkon např. oproti stoji či chůzi a přizpůsobí jej malému oběhu kyslíku a sníženým energetickým potřebám těla, podobně jako při spánku. Sníží se i plicní ventilace. Stejně jako dýchání jsou na tom i ostatní tělesné funkce, zejména stlačené vnitřní orgány trávicího traktu, ledviny, játra; v sedu se jim nepracuje ideálně. (www.ergozidle.cz)

Z dlouhodobého pohledu můžeme předpokládat přítomnost těchto fází sedu dle Mahra (Mahr, 2001):

Dyskomfort – chybí objektivně měřitelné změny, jen subjektivní.

Nástup únavy – nástup nervosvalových změn, odstranění protažením, objektivně manifestovatelné místní teplotou, změnou tvaru.

Snižuje se práh bolesti, creep efekt – deformace vratné – změny tvaru Moire prokazatelné, po určitém cvičení se vrátí.

Nevratné deformace – chybí termografická odezva.

Mahr se ve své disertační práci věnoval problematice zakřivení páteře v různých typech sedu (sed na rovné židli, sed na klínu, sed na míči). Zjistil, že sedací klín či sed na míči zlepšuje „napřímení“ páteře (posun hrudní kyfózy ventrálním směrem). Při dlouhodobějším sedu na rovné poloze měla pánev tendenci k retroverzi. Termograf zaznamenal nejvyšší teplotu v oblasti šíjových svalů u všech typů sedu. V sedu na míči je nejmenší aktivita šíjových svalů, větší aktivita břišních svalů, optimální napřímení pánve. (Mahr, 2001)

1.6.1.1 Vliv sedu na dýchání

V sedu uvolněném, kdy se páteř vyklenuje dozadu, je bránice stlačena dolů a vyklenuje se ochablá břišní stěna. Dolní část hrudníku je rozšířena. Dýchání brániční je omezeno. A převládá dolní dýchání hrudní.

V sedu vzpřímeném (tureckém sedu) je břišní stěna napjata, což omezuje dýchání brániční, ale na druhé straně je podporováno dýchání horní hrudní. (Máček, Smolíková, 1995)

Bouisset, Duchene zkoumali vliv dýchání na stabilitu těla vsedě a ve stoji. Pomocí pneumotografu a výchylek těžiště pozorovali na 10 zdravých probandech klidné dýchání, hluboké dýchání a apnoickou pauzu. Výsledkem měření bylo, že ke větším odchýlkám dochází v pozici vsedě (0,16) než ve stoji (0,09). Důvodem je pravděpodobně fakt, že okamžitý kompenzační efekt dýchání je vsedě menší než ve stoji. Závěrem je, že dýchání významně přispívá k posturální kontrole těla, a že sezení s sebou přináší menší okamžitou pevnost. (Bouisset, Duchene, 1994)

Groove a spol. ve svém výzkumu zjišťovali rozpínání hrudníku a břicha vsedě při klidovém dýchání za pomoci 3D analýzy. Markery byly na tělo probanda uloženy v transverzální rovině ve 4 segmentech. Z ventrální strany byly zvoleny následující body: chrupavka 3. žebra (rovina S1), 5. žebra (rovina S2), 8. žebra (rovina S3) a pupík (rovina S4). V každé rovině bylo uloženo 8 markerů, celkově 36. Hodnotilo se rozpínání hrudníku v transverzální rovině. Výsledkem bylo, že roviny S1 a S2 vykazovaly největší rozpínavost ventrálním a kraniálním směrem, a to v průměru o 3-5 mm. Laterálním směrem byly exkurze pouze 1-2 mm. Na druhé straně rovina S4 se pohybovala pouze ventrálním směrem. Celkově roviny S1-3 vykazovaly elipsovité charakter, naproti tomu rovina S4 kruhový charakter. (Groote a spol., 1997).

1.6.2 Stoj

Stoj je popisován jako poloha vertikální, kdy v kontaktu se zemí jsou pouze chodidla. Při pohledu na fyziologický stoj spatříme, že horní končetiny jsou volně podél těla, páteř a hlava v protažení, šířka baze se rovná šířce pánve. Pohled směřuje přímo před sebe.

Nejlepší ventilace plic ve stoji probíhá při připažení nebo zapažení. Čím výše se paže zvedají, tím více se snižuje hloubka vdechu. V připažení je vitální kapacita 100%, v upažení 68%, ve vzpažení 40%. (www.merck.com)

Dle Charbela dochází ve stoji ke zvětšení plicních objemů zejména z následujících důvodů: ve stoji se zvětšuje objem hrudníku, hroty plicní nejsou utlačovány vahou srdcem a břišním obsahem, svaly hrudníku jsou schopny rozšířit hrudník do všech směrů, ve stoji dochází také k větší protažitelnosti břišních svalů a tudíž ke zvýšené kontrakci. Výsledkem všeho je, že bránice je schopna většího posunu kaudálně, tudíž zvýšené kontrakci a schopnosti nadechnout větší objem vzduchu (Charbel B., 2002).

Harrison sledoval správné postavení pánve během stoje a sedu. Optimální zakřivení pánve a páteře ve stoji má být takové, že když proložíme spojnicí mezi acetabulem a horní částí obratle S1, dostaneme úhel, který svírá s horizontálou 50°. Naproti tomu vsedě dochází k retroverzi pánve, tudíž dochází ke snížení tohoto úhlu na 10°. (Donald, Harrison, 2000).

2 Výzkumná část

2.1 Metodologie

Cíle:

Cílem mé diplomové práce je provést experimentální studii dechových parametrů v důsledku změn polohy segmentů těla. Konkrétně budeme měřit vitální a mechanické parametry dechu *in sedo* a *in stoji* a poté stanovovat rozdíly mezi těmito polohami.

Přiblížit a určit metodiku měření, která se zabývá problematikou expanze hrudníku v prostoru během dýchání.

Měřené parametry:

- minutová ventilace při prohloubeném dýchání
- rozložení (expanze) hrudního koše a břicha v prostoru (3D systému)

Měření bude probíhat za použití těchto metod:

- spirometrie (druh Pneumosan 3)
- 3D kinematická analýza – systém Qualisys

Pomůcky:

- spirometr s náústkem, klipec na nos, 6 kamer na stojanech, 11 markerů, kalibrovací tyč, 2 počítače, otočná židle, olovnice, goniometr

Probandi:

K výzkumu byli celkově zvoleni 4 probandi, 2 ženy a 2 muži ve věku 24-30 let. Probandi byli vybíráni tak, aby jejich aktivity nebyly závislé na dýchání a aby vykazovali co největší shody v činnostech. Z výzkumu byli předem vyloučeni kuřáci, plavci, zpěváci, jogíni, potápěči, trumpetisti a další, kteří kdy pracovali s dechem. Měření probíhalo nalačno, ve stejný den v odpoledních hodinách.

Proband 1: muž, 85 kg, 198 cm, spíše ektomorf (dle Sheldona)

Proband 2: žena, 65 kg, 173 cm, spíše mezomorfni-endomorf (dle Sheldona)

Proband 3: žena, 58 kg, 166 cm, spíše mezomorfni-endomorf (dle Sheldona)

Proband 4: muž, 79 kg, 176 cm, spíše mezomorf (dle Sheldona)

Vlastní měření:

Měření probíhalo v biomechanické laboratoři na fakultě tělesné výchovy a sportu. Proband byl uveden do standardizované polohy a před zahájením měření si dýchal v klidu s přiloženým náustkem a nosním klipcem. Poté, když proband uznal, že je v klidovém stavu a dýchání se zharmonizovalo, tak zvedl prst na důkaz zahájení měření a měření si odstartoval. Nejdříve probíhalo měření vsedě, poté ve stoji.

Úkolem bylo po dobu 1 min dýchat s maximálním prohloubením, udržovat standardizovanou polohu i standardizovaný dech. Následovala minuta klidu, což znamenalo, že proband opět dýchal volně. Minutu klidu střídala minuta měření. Tento cyklus se opakoval celkem 3x.

V poloze ve stoji bylo měření obdobné. Nejdříve byl proband uveden do standardizovaného stoje, následovalo volné dýchání s přiloženým náustkem a nosním klipcem. Poté začalo vlastní měření, kdy proband 1 minutu dýchal s maximálním prohloubením a 1 minutu odpočíval. Vše se opakovalo 3x.

Úkoly diplomové práce:

- stanovit metodiku měření
- provést měření vsedě i ve stoji
- porovnat naměřené parametry mezi sedem a stojem

Hypotézy:

- A. Dechové parametry mezi polohami sedu a stoje se budou odlišovat díky rozdílným polohám segmentů těla.
- B. Zvýší-li se dechová výchylka hrudníku mezi sedem a stojem, dojde současně i ke zvýšení výdechových objemů plic, a naopak.
- C. S přibývajícimi minutami měření bude dýchání prohloubenější (rozdíl poloh hrudníku mezi maximálním nádechem a výdechem bude zvýšen), na druhé straně dechová frekvence bude snížena.
- D. Dechové parametry se budou odlišovat podle rozdílnosti pohlaví, somatotypu.

Výzkumné otázky:

- Ovlivňuje změna polohy ze sedu do stoje dechové výchylky hrudníku v prostoru?
- Ovlivňuje změna polohy ze sedu do stoje vitální kapacitu?
- V jaké oblasti hrudníku dochází konkrétně ke změnám dechových výchylek při změně polohy ze sedu do stoje?
- Je možné najít souvislosti v dechových parametrech u mužů, u žen, u lidí podobného somatotypu?

Závěr:

Během svého výzkumu pracuji zejména s parametry sedu, stoje a dechu. Je téměř nemožné definovat tyto parametry tak, aby byly u všech probandů zcela shodné. Dýchání, sed a stoj jsou velmi individuální parametry, které jsou závislé na antropometrických poměrech, fyzické i psychické zdatnosti a i porovnání jejich hodnot je velmi individuální a variabilní. Proto byly zvoleny polohy přirozené a cílem bylo se alespoň co nejvíce přiblížit zvolené standardizaci.

2.1.1 Metody záznamu

2.1.1.1 Systém Qualisys

Systém Qualisys je optoelektronické zařízení, které využívá odraz infračerveného záření od reflexních značek umístěných na těle. Toto zařízení poskytuje kinematická data velmi rychle a s vysokou přesností. K dispozici máme 6 infračervených kamer pracujících se snímkovací frekvencí 200 Hz. Tento systém je vytvořen tak, že umožňuje okamžité zpracování záznamu a jejich převedení do souřadného systému. Výsledná digitální data jsou jednoduše stažena přes zapojený uzavřený cyklus bez rušivého signálu nebo znehodnocení dat. Rozsah snímání kamer se pohybuje mezi 0,2 – 70m. Frekvence je nastavitelná mezi 1-1000 Hz.

Kamery mají skupiny diod, zabudovaných okolo čočky, vyzařujících infračervené světlo. Toto světlo dopadá na markery, které vrací energii zpět na čočku kamery, kde je vytvořena reprodukce obrazu snímaného senzory kamery. Střed a velikost každého markeru je vypočítán kamerou v reálném čase s použitím

patentovaného subpixel – interpolačního algoritmu. Výsledkem je 2D zobrazení markerů, extrémní přesnosti.

System využívá vysokorychlostní senzor s nízkým šumem, vestavěný mikroprocesor a FPGA k dosažení vysoké výkonnosti. Kamera může použít jakoukoli čočku s ohniskovou délkou mezi 6 a 50mm, to umožňuje její široké využití. (Cerhová, 2007)

2.1.1.2 Spirometrická metoda

Spirometrie je funkční vyšetření plic, kdy je do úst člověka zavedena trubice, která je připojena ke spirometru, jehož základním prvkem je průtokové měřicí čidlo. Spirometry jsou zkonstruovány tak, aby kladly co nejmenší odpor pohybům, měly co nejmenší setrvačnost a hmotnost.

Pro naše účely měření byl zvolen mechanický spirometr Pneumoscan 3, model KTC3D. Informace o výdechu zaznamenávalo vnitřní optoelektronické čidlo, které konkrétně snímalo pohyb vrtulky a převádělo na impulzy. Jedno otočení bylo rovno jednomu impulzu. Vnitřní vrtulka byla roztáčena proudem vydechovaného vzduchu. Získané impulzy bylo nutné převést na litry. Jeden litr vzduchu se rovnal 123 impulzům, což znamená, že jedna otáčka spirometru byla 0,00813 litru. Frekvence záznamu byla 50000Hz. Byla použita měřicí stanice Dewetron, kdy byla data přes zesilovač převedena do počítače.

2.2 Metodika výzkumu

Standardizace sedu

Použili jsme otočnou židli bez opěradla s nastavitelnou výškou sedadla. Pacient byl ve volném oblečení, na bosu a byl instruován, ať zaujme vzpřímenou, ale pohodlnou polohu.

Proband byl korigován dle olovnice, která byla spuštěna z ušního boltce a musela procházet ramenními a kyčelními klouby. Olovnice spuštěná z oblasti týlu hlavy musela procházet gluteální rýhou. Úhel v hlezenních, kolenních a kyčelních kloubech byl za pomoci goniometru zvolen 90°. Base dolních končetin na šířku ramenních kloubů. Poloha hrudní páteře v protažení bederní páteře, poloha krční páteře v protažení hrudní páteře. Pohled očí směřuje přímo před sebe. Horní končetiny volně podél těla. Celková poloha těla má být příjemná, ne křečovitá.

Standardizace stoje

Stoj na bosu, base dolních končetin na šířku ramenních kloubů. Olovnice spuštěná z ušního boltce musela procházet ramenními a kyčelními klouby, směřovat před hlezenní klouby. Olovnice spuštěná z týlu hlavy procházela gluteální rýhou a směřovala doprostřed spojnice mezi hlezenní klouby. Poloha hrudní páteře v protažení bederní páteře, poloha krční páteře v protažení hrudní páteře. Pohled očí směřoval přímo před sebe. Horní končetiny volně podél těla. Celková poloha těla má být příjemná, ne křečovitá.

Standardizace prohloubeného dýchání

Probandi měli za úkol dýchat po dobu 1 minuty s maximálně prohloubeným, plynulým, ale klidným nádechem a výdechem. Probandi byli předem instruováni, aby nádech proběhl do maximální možné plicní kapacity, mezi nádechem a výdechem nastala pauza cca 1s, výdech byl opět plynulý s cílem vydechnout všechny obsah plic. Vždy se opakovala 1 minuta prohloubeného dýchání a 1 minuta odpočinku, dýchání klidového. Měření probíhalo celkově 3x vsedě a 3x ve stoji. Při měření byl na nos použit nosní „klipec“.

Standardizace záchytných bodů na trupu – rozložení markerů:

- 2., 6., 8. a 12. hrudní obratel (Th2, Th6, Th8 a Th12)
- horní část sternu (HS)
- sternum v oblasti 6. žebra (6.ž.)
- processus xiphoideus (PX)
- horní část pupíku (pup)
- chrupavka 10. žebra vpravo
- chrupavka 10. žebra vlevo
- obratel ležící v horizontální rovině s předešlymi 2 markery (v rovině 10.žeber)

Rozdíly mezi sedem a stojem byly zjišťovány dle následujících parametrů:

- vzdálenosti 2 markerů v sagitální rovině
 - celkem ve 4 oblastech (horní, střední, dolní hrudní a břišní)
 - celkově použito 8 markerů
- plocha průřezu hrudníku v transverzální rovině (3 markery)
- plocha průřezu hrudníku v sagitální rovině (3 markery)

2.2.1 Průběh výzkumu

Do prostoru jsme umístili 6 kamer, které byly otočeny směrem na střed. Ten byl tvořen černou deskou, na které byla umístěna židle. Kamery byly kalibrovány a bylo provedeno zkušební měření. Pro potřeby výzkumu jsme potřebovali 2 počítače, 1. zaznamenával data z kamer (program Qualisys), 2. snímal spirometrické hodnoty.

Probandi byli pozváni na měření ve stejný den s časovým odstupem ½ hod, museli přijít nalačno a byli seznámeni s výzkumem.

Poté jim na trup byly umístěny markery (dle standardizace, viz. výše „metodologie“). Měření bylo



Obrázek 16: Ukázka měření vsedě

zahájeno polohou vsedě. Proband zaujmul standardizovanou polohu sedu (viz. výše „metodologie“). V této poloze si před samotným měřením volně dýchal. Když proband uznal, že jeho dech byl zklidněn, zvedl prst a spustil měření.

Úkolem probanda bylo dýchat po dobu 1 minuty, tak aby dech byl maximálně prohloubený, ale pomalý a plynulý (standardizace dechu viz. výše „metodologie“)..

Po 1 minutě bylo měření zastaveno. Nyní si proband dýchal po dobu 1 minuty volně. Následovala opět 1 minuta měření s prohloubeným dýcháním a 1 minuta „odpočinku“, kdy si proband dýchal volně. Tento cyklus se celkem opakoval 3x.

Poté přešel proband do stoje (standardizace viz. výše „metodologie“). Začínali jsme volným dýcháním, aby si proband zvykl na zaujmutou polohu. Poté začalo vlastní měření. Ve stoji jsme více dbali na bezpečnost. Víme, že hluboké dýchání může způsobit závratě, proto při první známce jakékoliv nevolnosti měl proband za úkol zvednout ruku a měření zastavit. Naštěstí takový případ nenastal. Ve stoji jsme odebírali data opět ze 3 minut dýchání, mezi nimiž byla 1 minutová pauza.

Měření probíhalo v místnosti, která měla 21,6°C, vlhkost 68%, tlak 1018 hPa.



Obrázek 17: Ukázka měření ve stoji

Celkově jsme získali data ze 3 minut sedu a ze 3 minut stoje, která sloužila pro výpočet klíčových parametrů na hrudníku. Tyto parametry jsme používali pro porovnání dýchání mezi sedem a stojem.

2.2.2 Sledované parametry

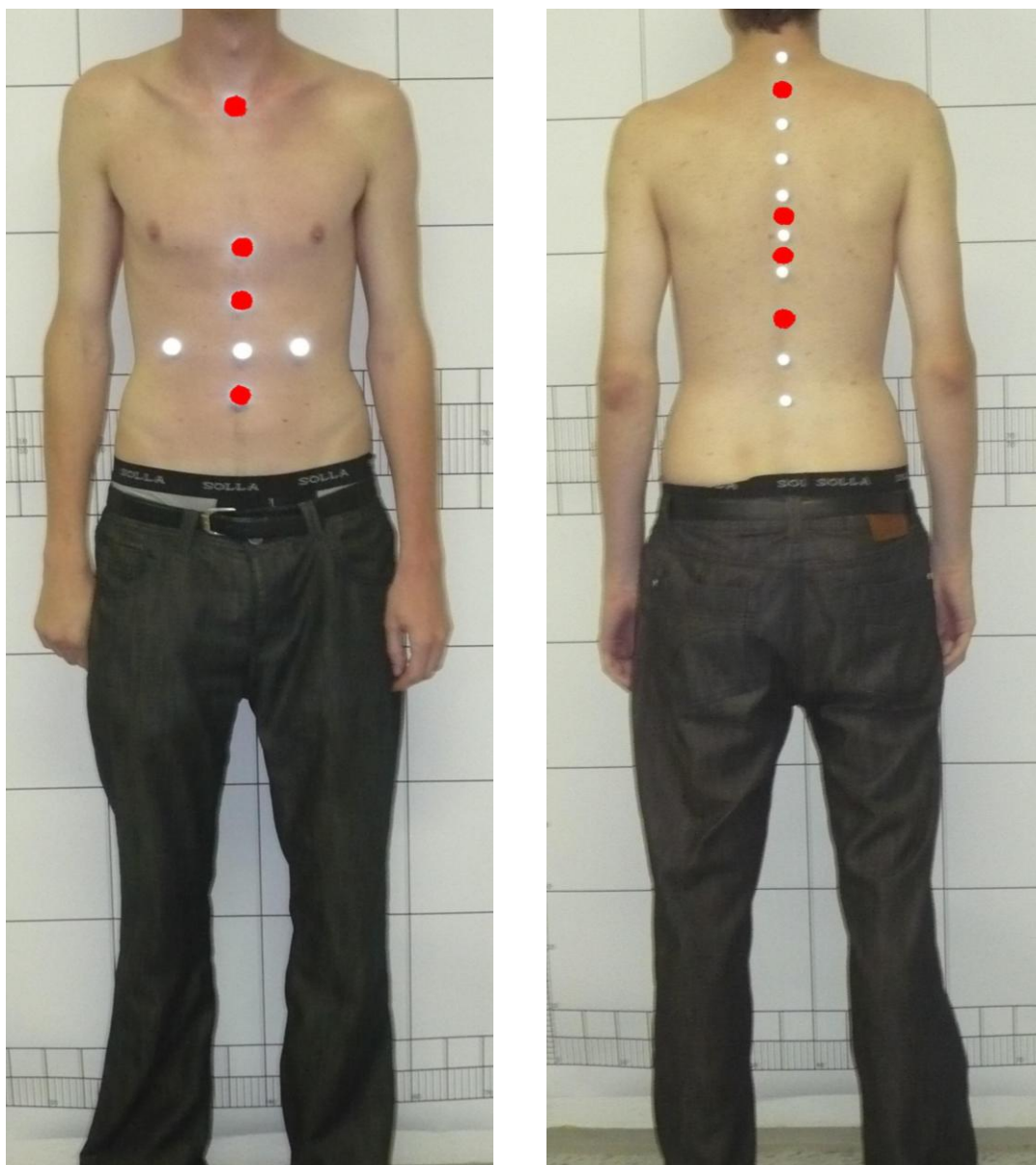
Z qualisysu: Vzdálenosti 2 bodů v sagitální rovině

- Průměrná hodnota vzdáleností 2 bodů za 1 minutu
- Dechové výchylky hrudníku pomocí vzdáleností 2 bodů

Plochy tvořené 3 body

- Transverzální rovina – velikost plochy, dechové výchylky plochy
- Sagitální rovina - velikost plochy, dechové výchylky plochy

Ze spirometru: Výdechové objemy (vitální kapacita), výdechové rychlosti

Uložení markerů pro výpočet průmětů hrudníku (červená barva)

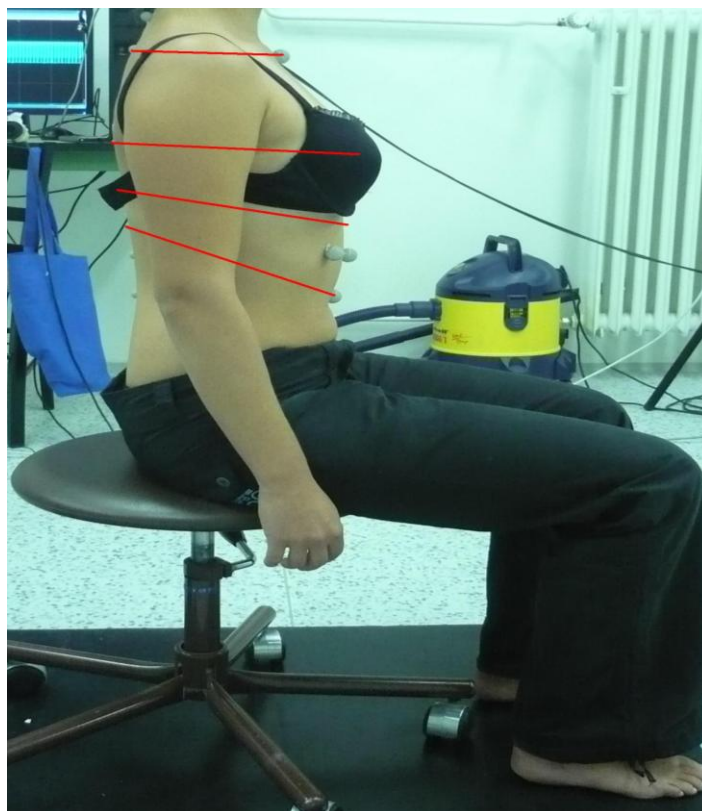
Obrázek 18: Uložení markerů pro výpočet průmětů hrudníku ve 4 segmentech (červená barva); vlevo pohled zepředu, vpravo zezadu

Na obrázku výše můžete vidět umístění markerů u probanda č. 1. (červenou barvou jsou označeny markery použité při výpočtu vzdáleností bodů v sagitální rovině).

Markery jsme zvolili tak, aby svým uložením odpovídaly jednotlivým oblastem hrudníku - horní hrudník, střední hrudník, dolní hrudník a břišní oblast.

2.2.2.1 *Vzdálenosti na hrudníku*

1. Horní hrudní segment odpovídal markerům uloženým na obratli **Th2 a hornímu sternu**
 - **(Th2-HS)**
2. Střední hrudní segment odpovídal markerům uloženým na obratli **Th6 a oblasti 6.žebra na sternu**
 - **(Th6-6.ž.)**
3. Dolní hrudní segment odpovídal markerům uloženým na obratli **Th8 a mečovitém výběžku na sternu (processus xiphoideus)**
 - **(Th8-PX)**
4. Břišní segment odpovídal markerům uloženým na obratli **Th12 a pupíkem**
 - **(Th12-pup)**



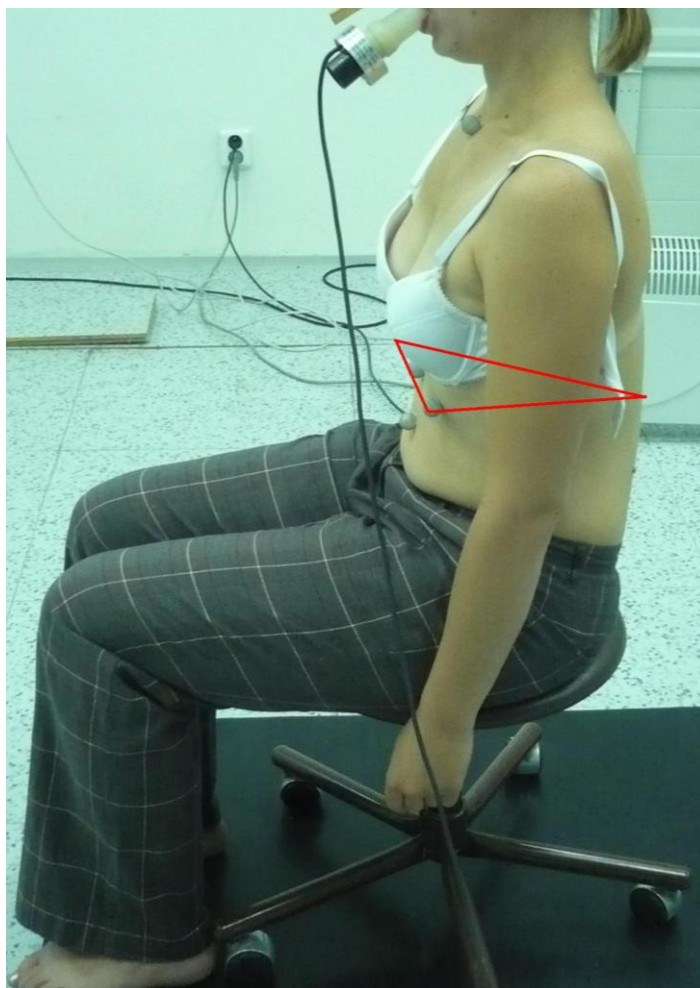
Obrázek 19: Sledovaný průmět hrudníku ve 4 segmentech (červená barva)

2.2.2.2 Plochy na hrudníku

Na trupu probanda byly zvoleny 2 trojúhelníky. 1 v transverzální rovině, který byl umístěn v úrovni 10. žebra. 2. v sagitální rovině, který byl uprostřed těla na mediální čáře.

1. Trojúhelník transverzální roviny, který byl určen následujícími 3 body:

- a. markerem na oblasti chrupavky **10. žebra vpravo**
- b. markerem na oblasti chrupavky **10. žebra vlevo**
- c. markerem uloženým na páteři, který byl zvolen tak, aby s **předchozími 2 markery tvořil transverzální rovinu**



Obrázek 20: Plocha transverzální roviny v oblasti dolního hrudníku

2. Trojúhelník sagitální roviny, který byl určen následujícími 3 body:

- a. markerem na **horním sternu**
- b. markerem na **procesus xiphoideus**
- c. markerem na obratli **Th6**



Obrázek 21: Plocha sagitální roviny

2.2.2.3 Dechové parametry plic

Proband měl za úkol maximálně nadechovat a poté maximálně vydechovat po dobu 1 minuty. Sledovali jsme jak výdechové objemy za celkovou dobu 1 minuty, tak výdechový objem za jeden dechový cyklus.

Ze spirometru jsme dále pro porovnání získávali i velikost maximální výdechové rychlosti během 2. výdechu.

2.2.3 Zpracování dat

2.2.3.1 Vzdálenosti na hrudníku

Vzdálenosti na hrudníku nebo také průmět hrudníku byl získáván pomocí výpočtů vzdáleností 2 markerů v jedné definované oblasti hrudníku.

Pomocí počítačového programu Qualisys byly nejdříve jednotlivé markery rozeznány. Poté souřadnice ve trojkové soustavě každého definovaného markeru byly převedeny do programu Microsoft Office Excel 2007. Zde probíhaly všechny matematické operace sloužící ke zjištění sledovaných parametrů – vzdáleností a ploch. V Microsoft Excelu jsme pomocí následujících vzorců spočítali jejich hodnoty.

Vzdálenost (v) 2 bodů v prostoru (bod a; bod b) byla počítána dle následujícího vzorce:

$$v \text{ [mm]} = \sqrt{[(a_x - b_x)^2 + (a_y - b_y)^2 + (a_z - b_z)^2]}$$

2.2.3.2 Dechové výchylky

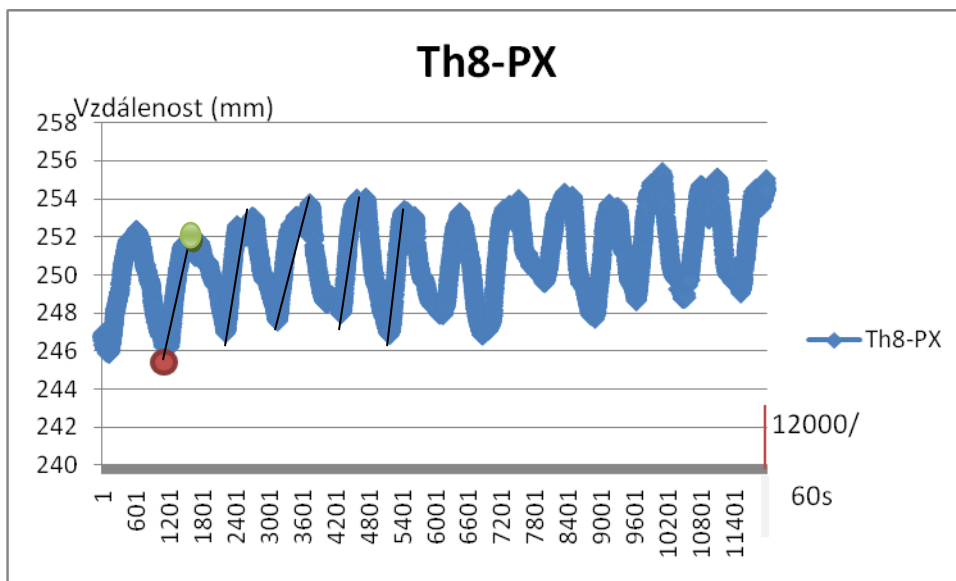
Výchylky hrudníku (nebo expanze, exkurze hrudního koše během jednoho hlubokého nádechu a výdechu) jsme zjišťovali pomocí odečítání hodnot z grafu, které jsme získali po výpočtu průmětu hrudníku.

Nejdříve jsme vytvořili grafy vzdáleností 2 bodů, které nám vznikly za dobu 1 minuty. Sledovali jsme průběh dýchání v každém segmentu, v každé minutě, u každého probanda a polohy zvlášť. Tudíž nám vzniklo 96 podrobných grafů (4 probandi, 4 segmenty, 3 minuty ve stoji, 3 minuty vsedě), které popisovaly změny vzdáleností 2 bodů na hrudníku během minutového dýchání. Pro lepší přehlednost jsme vytvořili komplexní grafy, kde jsou zaznamenány během 1 minuty dýchací křivky všech 4 segmentů najednou. Tím jsme eliminovali počet grafů na 24 (3 minuty sed, 3 minuty stoj, 4 probandi). Přehled těchto grafů naleznete v příloze č. 2.

Nyní jsme se zaměřili pouze na velikosti amplitud křivek v grafech, které znázorňují velikosti dechových výchylek hrudníku během hlubokého nádechu.

Brali jsme pro výpočet pouze dechové výchylky ze 2. minuty.

Dechová výchylka = poloha markeru v nádechovém postavení – poloha markeru ve výdechovém postavení



Obrázek 22: Průběh dýchání u probanda č. 1 – 1. minuta, segment dolní hrudník (Th8-PX)

Na obrázku můžete vidět graf průběhu dýchání u probanda č. 1, v 1. minutě vsedě v segmentu dolní hrudník (Th8-PX). Na první polovině grafu je znázornění velikosti dechových výchylek černou čarou. S tím, že byla od sebe odečtena poloha markeru v nádechovém postavení (na obrázku znázorněno zeleným kolečkem) a výdechovém postavení (červené kolečko).

Na obrázku je znázorněn odečet hodnot pouze v prvních 5 dechových cyklech, ve skutečnosti byl proveden tento odečet u všech dechových cyklů a následně z nich spočítán aritmetický průměr. Výsledkem tedy je průměrná velikost dechové výchylky v 1 segmentu.

Tato výchylka byla počítána v každém segmentu vsedě a vleže zvlášť. Pro větší přesnost jsme vynechali první a poslední dechový cyklus z grafu každé minuty. Výsledné číslo bylo převedeno také na procenta. Přehled velikostí výchylek v centimetrech i v procentech naleznete v části „Výsledky – výchylky vzdáleností“ a v příloze č. 3.

2.2.3.3 Plochy, výchyly ploch

Plochy v transverzální a sagitální rovině byly dány vždy trojúhelníkem. Znali jsme polohy všech bodů těchto trojúhelníků. Nejdříve bylo nutné vypočítat velikosti všech stran a potom podle Heronova vzorce dopočítat obsah trojúhelníku.

Plocha (s) roviny, která byla dána body c, d, e, byla počítána dle *Heronova vzorce*:

$$S [mm^2] = \sqrt{s(s-v_c)(s-v_d)(s-v_e)}$$

$$s = (v_c + v_d + v_e) / 2$$

Po dosazení vypadalo následovně:

$$S [mm^2] = [(v_c + v_d + v_e) / 2] \cdot ((v_c + v_d + v_e) / 2 - v_c) \cdot ((v_c + v_d + v_e) / 2 - v_d) \cdot ((v_c + v_d + v_e) / 2 - v_e)$$

Výsledné hodnoty byly převedeny do grafů, kde jsme opět odečítali velikost (rozsah) dechové výchyly.

2.2.3.4 Dechové parametry plic

Mechanický spirometr pracoval na principu roztáčení vrtulky proudem vzduchu. Tento pohyb vrtulky snímalo vnitřní optoelektrické čidlo, které zaznamenávalo impulzy při každém otočení (1 impulz = 1 otočení vrtulky). Získané impulzy bylo nutné převést na litry, přičemž jsme věděli, že 123 impulzů = 1 litr. Zpracování dat proběhlo v programu Microsoft Excel 2007.

$$1 \text{ impulz} = 0,00813 \text{ litrů}$$

Získali jsme velikost objemů jednotlivých výdechů a dopočítali jsme celkový objem.

$$V [l] = 1/123 \cdot \text{počet impulzů} \quad V \dots \text{celkový objem}$$

Poté jsme vypočítali pomocí aritmetického průměru průměrnou hodnotu vitální kapacity jednoho dechového cyklu za dobu 1 minuty měření.

Derivací objemu podle času byla získána objemová rychlost proudu vzduchu. Provedeno numericky podle času.

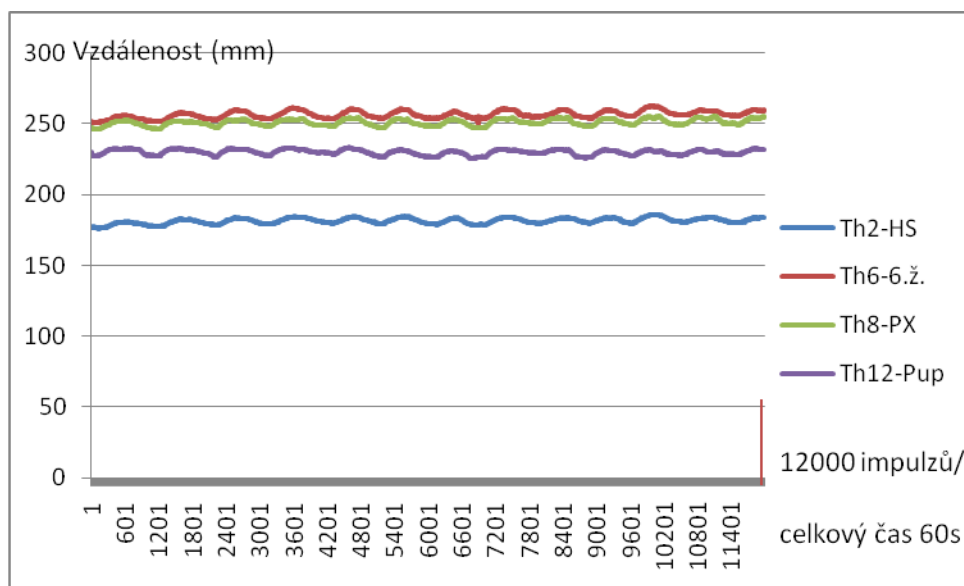
Grafické znázornění těchto výdechů naleznete v části „výsledky, dechové parametry plic“.

2.3 Výsledky

2.3.1 Grafické znázornění výsledků

Vzdáleností 2 bodů v jednotlivých segmentech:

Proband č. 1, sed, 1. minuta



Obrázek 23: Graf průběhu vzdáleností bodů v čase v sagitální rovině

Popis:

V grafu můžete vidět 4 barevně odlišené křivky. Modrá znázorňuje průběh dýchání v horním hrudníku (Th2-HS), červená ve středním hrudníku (Th6-6.ž.), zelená v dolním hrudníku (Th8-PX) a fialová v břišní oblasti (Th12-pup). Tyto křivky popisují průběh vzdáleností za celkový čas 60s. Systém Qualisys zaznamenával pohyb hrudníku frekvencí 200Hz, tudíž výsledkem bylo za 1 minutu znázornění 12000 impulzů, které byly převedeny do grafu.

S nádechem dochází ke zvýšení vzdáleností, kdy průběh křivky narůstá. S výdechem dochází naopak k jejímu poklesu.

Na grafu můžete pozorovat, že průběh křivky je ve všech oblastech měření (všech barvách) podobný. Liší se pouze svým umístěním a fázovým posunem. Křivky

uložené výše v grafu říkají, že jejich výchozí vzdálenost před uskutečněním nádechu je vyšší v porovnání s ostatními.

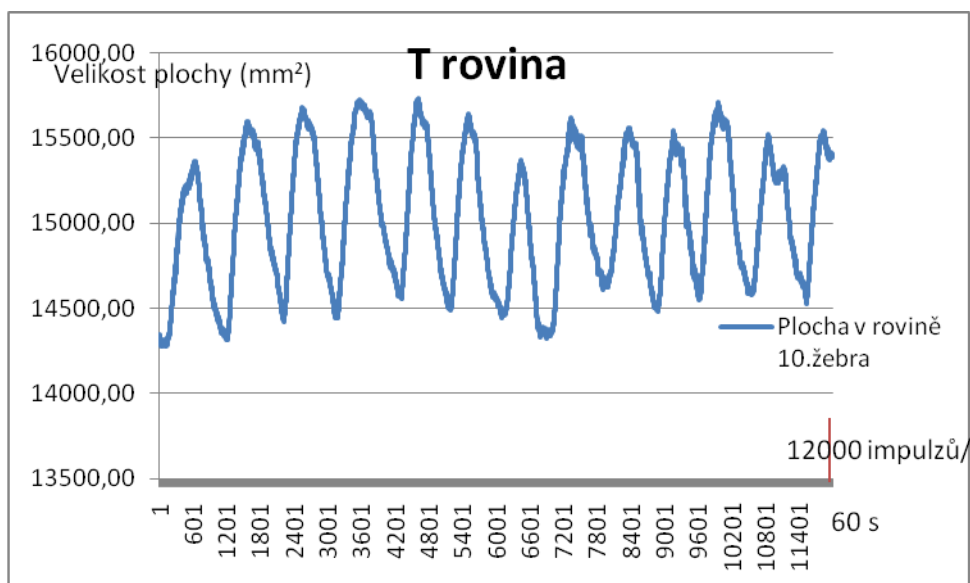
Nejvyšší průměrná vzdálenost byla naměřena v segmentu Th6-6.ž., který je v grafu postaven nejvýše. Naopak nejmenší vzdálenost byla v segmentu Th2-HS, v grafu leží nejnižše.

Z grafu lze dále vyčíst, že křivky jsou vůči sobě fázově posunuty. Vrchol křivky je v každém segmentu v jinou časovou dobu. Toto nám určuje, jak dýchání probíhalo, ve kterém segmentu dosáhl hrudník svého maximálního rozpětí jako první a v jakých segmentech později. Z našeho případu můžeme pozorovat, že segment, který dosahuje jako první svého vrcholu v nádechu je oblast břicha (Th12-pupík), dále téměř ve stejnou dobu segmenty Th8-PX a Th6-6.ž., jako poslední nastupuje horní hrudník (Th2-HS).

Křivky dolního (Th8-PX) a středního hrudníku (Th6-6.ž.) se téměř kopírují. Toto by mohlo znamenat, že jmenované segmenty mají stejnou výchozí vzdálenost bodů a také pracují ve velmi blízkém vztahu.

Grafy všech probandů ve všech minutách vsedě a ve stoji naleznete v příloze č. 2.

Plocha v transverzální rovině, oblasti dolního hrudníku:



Obrázek 24: Graf znázornění průběhu plochy transverzální (horizontální) roviny v čase u probanda č. 1, 1. minuta.

Popis:

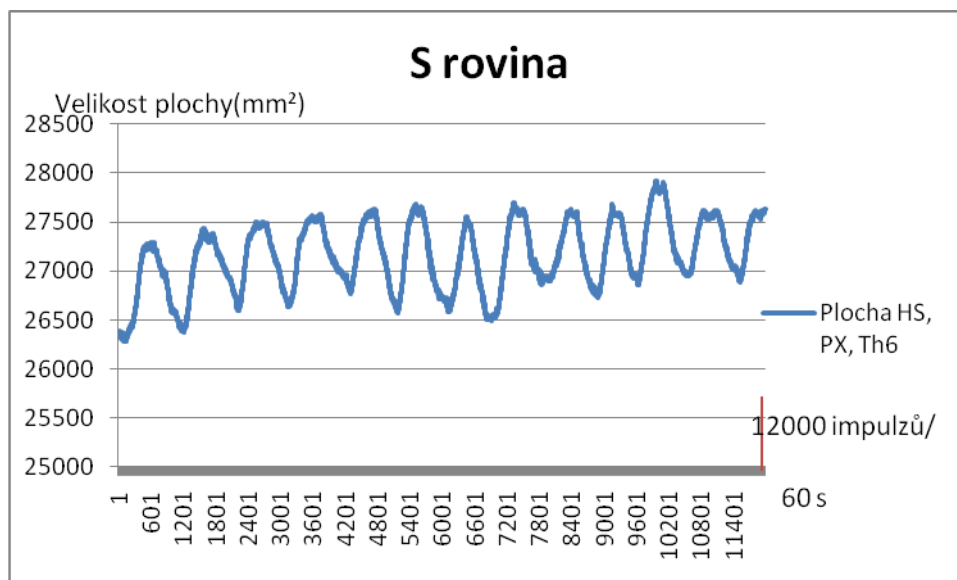
Na grafu můžete vidět průběh plochy tvořené body: markerem na 10. žebro vpravo, 10. žebro vlevo a obratli na páteři tvořící s předešlými 2 markery transverzální rovinu.

Tato křivka vystihuje rozpětí hrudníku nejen v anteriorním a posteriorním směru, jak tomu bylo při určování vzdáleností 2 bodů. Díky markerům uložených na anterolaterální straně hrudníku znázorňuje plocha i pohyb hrudníku v laterálních směrech.

Z tohoto grafu lze vyčíst, že průběh dýchání v transverzální rovině má pravidelný charakter. Velikosti amplitud jsou srovnatelné a nabývají velikosti cca 0,1 dm². Z obrázku lze vyčíst, že v první polovině graf lehce stoupá, uprostřed minuty mírně poklesne, ve druhé polovině stagnuje. Jednotlivé křivky jsou si vzájemně velmi podobné, jen v maximální poloze nádechu se liší opakovaním peaku (vrcholu). V některých případech má nádech 1 a v jiných 2 peaky (vrcholy). Důvodem je pravděpodobně skutečnost, zda se proband snažil po nádechu ještě více „dodechnout“ do maximálního možného nádechu či nikoliv.

Přehled všech grafů naleznete v příloze č. 4.

Plocha v sagitální rovině (tvořená trojúhelníkem s markery na oblasti Th6, horní sternum, processus xiphoideus):



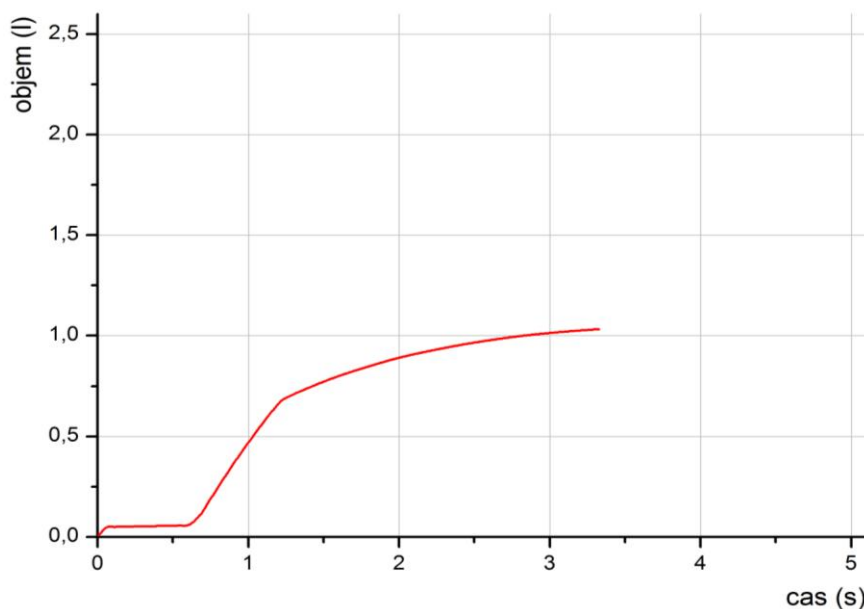
Obrázek 25: Graf znázornění průběhu sagitální roviny v čase u probanda č. 1, 1. minuta.

Popis:

Sagitální plochu tvoří markery uložené na horním sternu, processus xiphoideus a obratli Th6. Tato plocha znázorňuje pohyby nejen anteriorním a posteriorním směrem, ale i pohyb kraniální a kaudální.

Z grafu lze vyčíst, že dechové výchylky (rozdíl mezi maximálním nádechem a výdechem) byl opět cca 0,1 dm². V první polovině graf lehce stoupá, poté stagnuje a ke konci opět stoupá. Důvodem vzrůstu grafu je pravděpodobně zvětšující se průmět hrudníku. Křivky jsou charakterově velmi podobné, liší se opět množstvím peaků (vrcholů).

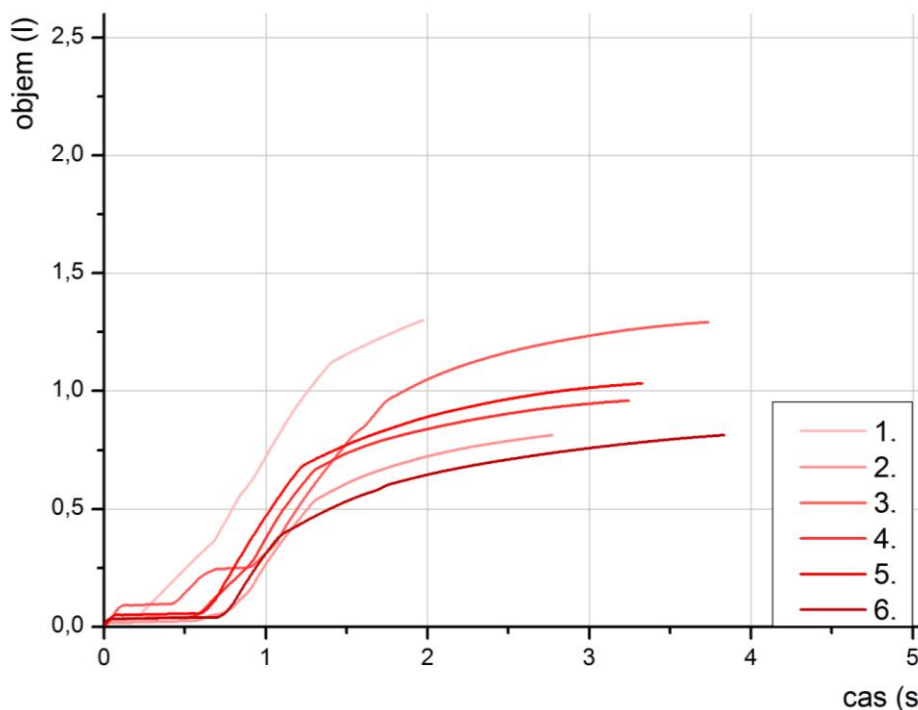
Přehled všech grafů naleznete v příloze č. 4.

Dechové parametry plic

Obrázek 26: Výdechová křivka

Popis:

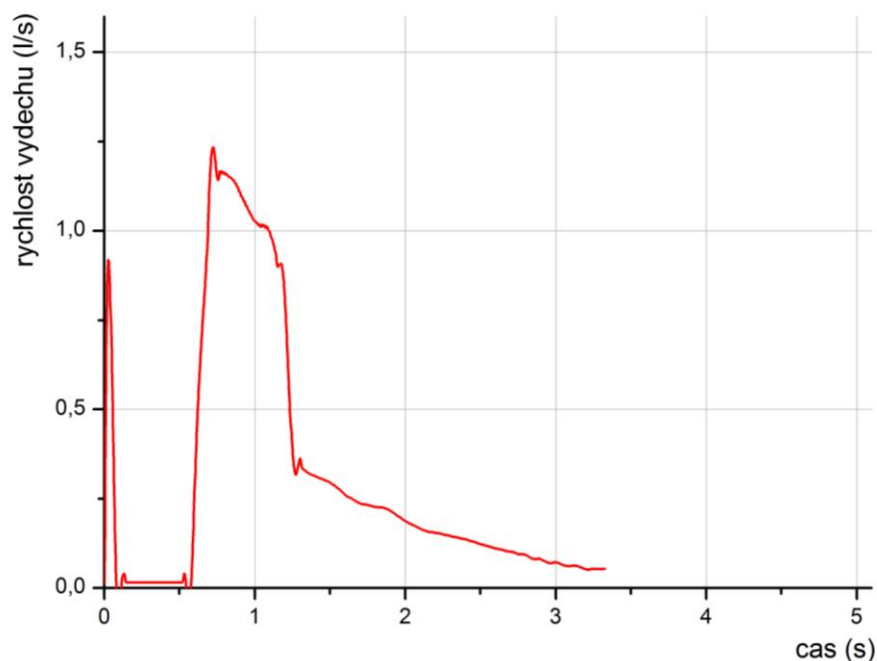
V grafu můžete vidět průběh výdechu, který nám zaznamenal spirometr. Konkrétně se jedná o znázornění výdechového objemu u probanda č. 4 ve stoji. V tomto případě vydechl pouze 1,05l za dobu 3,5s. Během prvních 0,5s byl nárůst objemu pomalejší. V další fázi výdechu (cca 1s) spirometr zaznamenal nárůst výdechového objemu rychleji, dále (další cca 2s) rychlost opět klesala.



Obrázek 27: Všechny výdechové křivky zaznamenané během 1 minuty

Popis:

V grafu vidíte znázorněné průběhy všech výdechů u probanda č. 4 ve stoji. Světlejšími barvami jsou znázorněné počáteční výdechy, tmavší barvou pozdější výdechy. Všechny křivky mají podobný charakter a lze je podle nárůstu objemu v čase rozdělovat do 3 fází. V první fázi pomalejší nárůst objemu vzduchu, uprostřed zrychlení a nakonec opět zpomalení nárůstu vydechovaného objemu vzduchu. Z grafu lze vyčíst, že první křivka je v porovnání s ostatními nejstrmější a že dochází k nejrychlejšímu nárůstu objemu vzduchu. 2. výdech zpomalil a 3. zase celkově zrychlil. Nejpomalejší nárůst objemu vykazuje poslední výdech, který je, ale také časově nejdelší.



Obrázek 28: Výdechová rychlost

Popis:

V grafu je znázornění výdechové rychlosti u stejného výdechu, který byl popisován výše. Jsou zaregistrovány 2 vrcholy výdechové rychlosti. První je ihned po začátku vydechování, poté cca 0,5s nebyla zaznamenána skoro žádná rychlost. Nejvyšší výdechová rychlost byla kolem 0,8s a dosáhla hodnoty 1,32 l/s. V další a konečné fázi již klesá.

Přehled všech výdechových křivek naleznete v příloze č. 5.

2.3.2 Vzdálenosti

2.3.2.1 Průměrné vzdálenosti

Proband č. 1 (P1-sed)

P1-sed1

Proband 1 v poloze sed, 1. minuta vykazoval největší postavení hrudníku v oblasti Th6-6.žebro (25,64 cm), ihned následované segmentem Th8-PX (25,08 cm). Nejmenší průměrná vzdálenost na hrudníku byla zaznamenána v oblasti Th2-horní sternum (18,13). Dýchání bylo pravidelné, 12 dechů/min.

- Th6-6.ž. – 25,64 cm
- Th8-PX – 25,08 cm
- Th12-pupík – 22,98 cm
- Th2-HS – 18,13 cm

P1-sed2

Ve 2. minutě sedu dýchal proband rychlostí 10 dechů za minutu, přičemž bylo patrné, že na úkor rychlosti se zvýšily exkurze hrudníku, dech se prohloubil. Vzdálenosti na hrudníku se oproti 1. minutě radikálně neměnily.

- Th6-6.ž. – 25,83 cm
- Th8-PX – 25,18 cm
- Th12-pupík – 22,8 cm
- Th2-HS – 18,32 cm

P1-sed3

Proband dýchal rychlostí 8 dechů/min, vzdálenosti na hrudníku porovnatelné s 1. a 2. min. Grafy jsou fázově posunuty tak, že první dochází k rozvinutí břišní stěny, poté dolní a střední hrudník a nakonec oblast podklíčků.

- Th6-6.ž. – 25,85 cm
- Th8-PX – 25,18 cm
- Th12-pupík – 22,73 cm
- Th2-HS – 18,3 cm

Vzdálenosti bodů - stoj

Proband č.1 stoj (P1-stoj)

P1-stoj1

Na grafu můžete vidět pravidelné křivky zejména v segmentech Th2-HS a Th6.6.ž. Nejvyšší vzdálenosti byly naměřeny u probanda v oblasti střední, poté dolní hrudník. Nejmenší pravidelnost křivek vykazuje oblast břicha. Dýchal rychlostí 10 dechů/min.

- Th6-6.ž. – 25,83 cm
- Th8-PX – 25,2 cm
- Th12-pupík – 22,73 cm
- Th2-HS – 18,4 cm

P1-stoj2

Ve 2. minutě se průběh a seskupení křivek příliš nezměnilo. Oproti 1. minutě došlo pouze k mírnému zpomalení dechu, 9 dechů/min.

- Th6-6.ž. – 26,03 cm
- Th8-PX – 25,42 cm
- Th12-pupík – 22,96 cm
- Th2-HS – 18,45 cm

P1-stoj3

Ve 3. minutě se opět dech zpomalil, 8 dechů/min. Opět největší pravidelnost vykazují křivky v oblasti středního, horního a dolního hrudníku. Oblast břicha je velmi nepravidelná.

- Th6-6.ž. – 25,89 cm
- Th8-PX – 25,27 cm
- Th12-pupík – 22,82 cm
- Th2-HS – 18,48 cm

Popis průběhu dýchání vsedě a ve stoji u probanda č. 2, 3, 4 naleznete v příloze č. 1.

Shrnutí průměrných vzdáleností (průměrného průmětu) hrudníku při dýchání v jednotlivých minutách:

	Sed1	Sed2	Sed3	Závěr
P1-sed muž	Th6-6.ž.–25,64 Th8-PX – 25,08 Th12-pup–22,98 Th2-HS–18,13	Th6-6.ž. – 25,83 Th8-PX – 25,18 Th12-pup– 22,8 Th2-HS – 18,32	Th6-6.ž. – 25,85 Th8-PX – 25,18 Th12-pup – 22,73 Th2-HS – 18,3	Největší vzdálenost byla vsedě naměřena v oblasti středního hrudníku, poté dolního, časem se zvyšovala. Pokles průmětu hrudníku mezi 1. až 3 min byl v oblasti břicha.
P2-sed žena	Th12-pupík – 24,72 Th8-PX – 23,3 Th6-6.ž. – 20,61 Th2-HS – 13,89	Th12-pup– 25,11 Th8-PX – 22,74 Th6-6.ž. – 20,34 Th2-HS – 13,9	Th12-pup – 23,47 Th8-PX – 22,48 Th6-6.ž. – 20,3 Th2-HS – 13,85	Probandka měla nejvyšší průměrnou vzdálenost v oblasti břicha, poté dolní a střední hrudník. S časem docházelo spíše k poklesu vzdáleností ve všech segmentech.

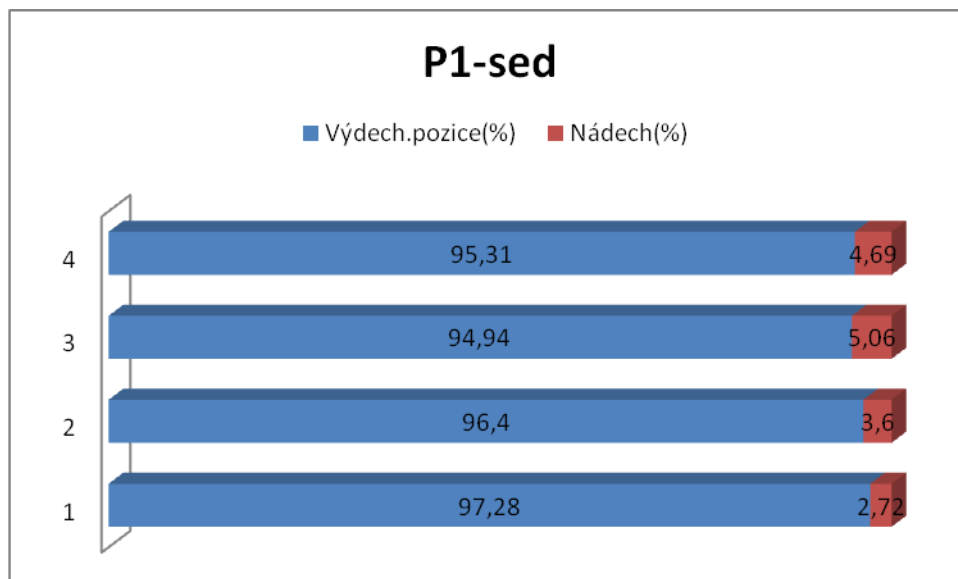
P3-sed žena	Th12-pupík – 23,67 Th8-PX – 23,43 Th6-6.ž. – 22,67 Th2-HS – 15,17	Th12-pup – 23,71 Th8-PX – 23,36 Th6-6.ž. – 22,07 Th2-HS – 15,09	Th8-PX – 23,35 Th12-pupík – 22,76 Th6-6.ž. – 22,59 Th2-HS – 15,17	Byla naměřena srovnatelná vzdálenost v oblastech břicha, dolního a středního hrudníku. Časem dochází opět k poklesu průmětu hrudníku.
P4-sed muž	Th8-PX – 27,26 Th12-pupík – 25,41 Th6-6.ž. – 25,1 Th2-HS – 15,71	Th12-Pup – 25,57 Th6-6.ž. – 25,16 Th2-HS – 15,75 Th8-PX – 11,46	Th12-pup – 38,63 Th8-PX – 27,47 Th6-6.ž. – 25,18 Th2-HS – 15,8	Proband č. 4 měl v 1. minutě nejvyšší vzdálenost v oblasti dolního hrudníku, naopak ve 2. minutě zde byla naměřena vzdálenost nejmenší. Časem dochází k rozvíjení vzdálenosti v oblasti břicha a středního hrudníku. Naopak kolísá dolní hrudní segment.
	Stoj1	Stoj2	Stoj3	
P1-stoj muž	Th6-6.ž. – 25,83 Th8-PX – 25,2 Th12-pupík – 22,73 Th2-HS – 18,4	Th6-6.ž. – 26,03 Th8-PX – 25,42 Th12-pup – 22,96 Th2-HS – 18,45	Th6-6.ž. – 25,89 Th8-PX – 25,27 Th12-pup – 22,82 Th2-HS – 18,48	Největší vzdálenost naměřena ve středním a dolním hrudníku. Podobné hodnoty jako v poloze vsedě. Jen ve stoji ve 2. min dochází k přechodnému zvětšení průmětu hrudníku.
P2-stoj žena	Th8-PX – 22,3 Th12-pupík – 21,71 Th6-6.ž. – 20,24 Th2-HS – 13,98	Th8-PX – 22,3 Th12-pup – 21,31 Th6-6.ž. – 17,17 Th2-HS – 14,06	Th8-PX – 22,06 Th2-HS – 21,83 Th12-pupík – 21,2 Th6-6.ž. – 20,12	Nejvyšší průmět dolní hrudník a oblast břicha. Časem dochází k <u>poklesu</u> vzdáleností téměř ve všech segmentech, jen v oblasti horního hrudníku se průmět zvyšuje.
P3-stoj žena	Th12-Pup – 23,71 Th8-PX – 23,26 Th6-6.ž. – 22,55 Th2-HS – 15,16	Th12-Pup – 23,84 Th8-PX – 23,27 Th6-6.ž. – 22,58 Th2-HS – 15,18	Th12-Pupík – 24,04 Th6-6.ž. – 22,68 Th8-PX – 22,44 Th2-HS – 15,2	Probandka č. 3 měla nejvyšší průmět v oblasti břicha, dolního a středního hrudníku. Časem dochází ke <u>zvyšování</u> vzdáleností v oblasti břicha
P4-stoj muž	Th8-PX – 27,12 Th12-pup – 26,2 Th6-6.ž. – 25,12 Th2-HS – 15,81	Th8-PX – 27,14 Th12-pup – 26,21 Th6-6.ž. – 25,1 Th2-HS – 15,82	Th8-PX – 27,21 Th12-pup – 26,32 Th6-6.ž. – 25,14 Th2-HS – 15,28	Nejvyšší vzdálenost v dolním hrudníku, poté v oblasti břicha. Časem <u>klesá</u> průmět v dolním hrudníku a roste v oblasti břicha.

Závěr:

Vsedě i ve stoji byla nejvyšší průměrná vzdálenost naměřena v oblasti dolního hrudníku a břicha. Hodnoty vzdáleností byly mezi sedem a stojem srovnatelné, jen ve stoji je mírný nárůst průmětu hrudníku oproti sedu. Byl zaznamenán fenomén, že vsedě (mezi 1., 2. a 3. min) se u 2 probandů průměty hrudníku časem snižovaly a u 2 naopak zvyšovaly. Ve stoji byl registrován opačný efekt. 3 ze 4 probandů, u kterých vsedě docházelo ke snížení/zvýšení exkurzí hrudníku, došlo ve stoji naopak k jeho zvýšení/snížení v čase. Samozřejmě nelze tento fenomén popisovat globálně, jelikož dýchání vykazuje individuální odchylky. Tento vzorec jsme mohli pozorovat jen u některých jedinců, neboť průmět hrudníku v čase v jednom segmentu klesal, ve 2. naopak vzrůstal.

Křivky vykazovaly velmi individuální průběhy u jednotlivých probandů. Podle způsobu dýchání měla křivka u jednoho probanda strmější nárůst, u druhého naopak plynulejší. Celkově lze shrnout, že v oblasti hrudníku (horní, střední, dolní typ) byly průběhy křivek plynulejší a pravidelnější než v oblasti břicha, kde se během dýchání mnohdy objevilo více peaků (vrcholů), než byl počet dechů za minutu.

Bylo patrné, že křivky v jedné minutě u jednoho probanda byly mezi sebou fázově posunuty a maximální nádech nastává v každém segmentu v jinou časovou dobu.

2.3.2.2 Dechové výchylky pomocí vzdáleností 2 bodůProband 1Výchylky vsedě u probanda č.1:**Obrázek 29:** Znárodnění dechových výchylek (červená barva) vsedě

	Sed
Hodnota výchylek v cm	Řada 4 = Th2-HS = 0,88 Řada 3 = Th6-6.ž. = 1,34 Řada 2 = Th8-PX = 0,92 Řada 1 = Th12-pup = 0,63
Počet dechů/min	10

Popis sed:

V grafu jsou znázorněny výchylky hrudníku během nádechu.

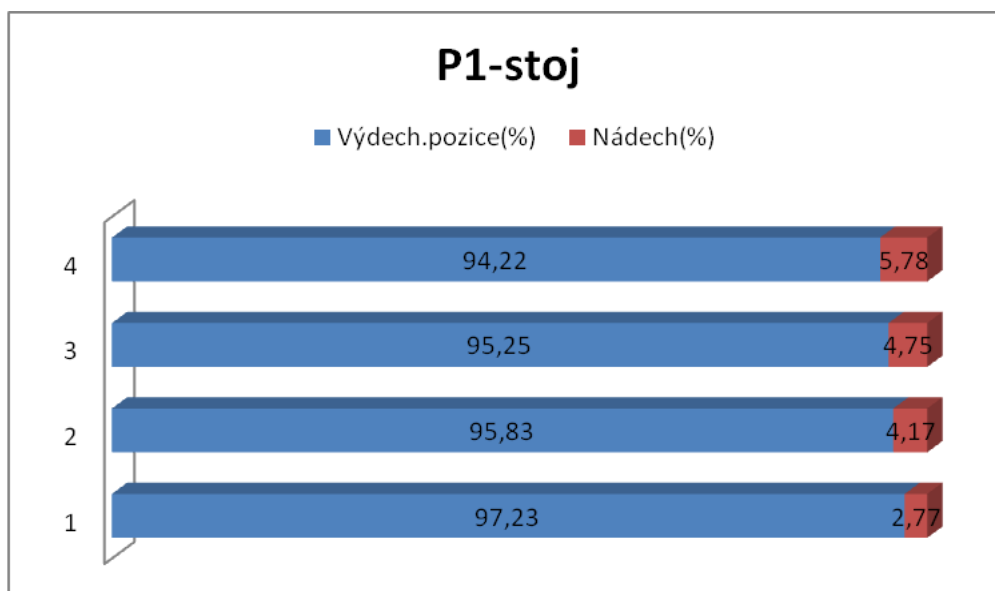
Modrá barva popisuje postavení hrudníku po výdechu v procentech. Červená barva právě dechovou výchylku hrudníku při nádechu v procentech. Modrá a červená barva dohromady tvoří postavení hrudníku po nádechu, což bylo bráno jako 100%. Od shora dolů odpovídají grafy jednotlivým segmentům trupu. Horní graf, neboli řada 4, odpovídá hornímu hrudníku a pro nás segmentu Th2-HS, řada 3 střednímu hrudníku a segmentu Th6-

6.ž., řada 2 dolnímu hrudníku a segmentu Th8-PX, řada 1 oblasti břicha a segmentu Th12-pup.

V našem případě byly naměřeny největší výchylky vsedě během dýchání ve středním hrudním segmentu (5,06%), poté horním hrudním (4,69%) a dolním hrudním (3,6%). Nejméně dýchal proband do oblasti břicha (2,72%).

V tabulce pod grafem jsou napsány výchylky v cm.

Výchylky ve stoji u probanda č.1:



Obrázek 30: Znárodnění dechových výchylek (červená barva) ve stoji

	Stoj
Hodnota výchylek v cm	Řada 4 – Th2-HS = 1,09 Řada 3 – Th6-6.ž. = 1,27 Řada 2 – Th8-PX = 1,08 Řada 1- Th12-pup = 0,64
Počet dechů/min	9

Popis stoj:

Na grafu výše jsou znázorněny velikosti výchylek v procentech u probanda č. 1 ve stoji.

Největší výchylky jsou patrné v horním hrudním segmentu (5,78%), poté ve středním (4,75%) a dolním hrudním segmentu (4,17%). Nejmenší opět v oblasti břicha (2,77%).

Porovnáme-li tyto výchylky hrudníku mezi sedem a stojem zjistíme, že ve stoji se zvýšily výchylky ve všech segmentech, až na střední hrudník, kde došlo naopak ke snížení. V horním hrudním segmentu se dýchání zvýšilo o 1,09 %, ve středním hrudním se snížilo o 0,3%, v dolním hrudním se zvýšilo o 0,57% a v břišním segmentu se zvýšilo o 0,04%. Počet dechů se mírně snížil.

Převědeme-li výchylky na cm zjistíme, že v horním hrudníku se zvýšily z 0,88 cm vsedě na 1,09 cm ve stoji.

Proband 2

- Grafická znázornění viz. příloha č. 3.

Popis:

U probanda č. 2 dochází vsedě k největším exkurzím v oblasti břicha (9,42%), poté v horním hrudním segmentu (8,45%), středním hrudním segmentu (5,6%) a nakonec dolním hrudním segmentu (4,6%).

Ve stoji nejvíce proband dýchal v horním hrudním segmentu (9,95%), poté břišním (5,95%), středním hrudním (4,68%) a nejméně v dolním hrudním segmentu (4,15%).

Ve stoji se oproti sedu zvýšily nejvíce exkurze v oblasti horního hrudníku a to o 1,5%. Ve všech ostatních segmentech dochází ke snížení amplitud dýchání. V břišní oblasti o 3,48%, ve středním hrudníku o 0,91 % a v dolním hrudníku o 0,44%. Na druhou stranu se zvýšil počet dechů za minutu z 5 na 6.

V sagitální rovině se nejvíce zvýšily výchylky dýchání v horní hrudní oblasti a to z 1,25 cm vsedě na 1,49 cm ve stoji. Naopak k největšímu snížení odchylek došlo v břišní oblasti z 2,5 cm na 1,32 cm.

Proband 3

- Grafická znázornění viz. příloha č. 3.

Popis:

Vsedě došlo k největším exkurzím hrudníku v břišním segmentu (12,77%), poté v horním hrudním (5,49%), v dolním hrudním (4,56%) a středním hrudním (3,91%).

Ve stoji se pořadí výchylek zachovalo. Břišní exkurze (11,61%), horní hrudní (5,61%), dolní hrudní (4,54%) a nejméně střední hrudní (3,08%).

Dechové výchylky v porovnání se sedem se ve všech segmentech snížily. K největšímu snížení dechových výchylek ve stoji došlo v oblasti břišní stěny (1,17%), střední hrudní oblasti (0,82%), v horní hrudní oblasti (0,17%) a k nejmenšímu v dolní hrudní oblasti (0,02%). Počet dechů za minutu naopak vzrostl z 5 na 6.

Vyjádríme-li výchylky v cm byl pokles v oblasti břicha z 3,2 na 2,9 cm.

Proband 4

- Grafická znázornění viz. příloha č. 3.

Popis:

Proband č. 4 vykazoval největší dechové výchylky vsedě v dolní hrudní oblasti a to o 32,3%. Následovala oblast břicha (6,23%), horní hrudník (5,88%) a střední hrudník (2,88%).

Ve stoji dýchal proband nejvíce do břicha (6,67%), horního hrudníku (6,2%) a nejméně do dolního (2,75%) a středního hrudníku (2,58%).

Porovnáme-li změny dechových výchylek, tak ve 2 oblastech výchylky vzrostly a ve 2 poklesly. Pokles je rapidní v dolním hrudníku (o 29,5%), ve středním hrudníku již minimálně (0,34%). V ostatních oblastech je patrný nárůst exkurzí. Břišní stěna (0,44%) a horní hrudník (0,32%).

V sagitální rovině byl pokles v dolním hrudním segmentu z 4,3 cm vsedě na 0,75 cm ve stoji.

2.3.2.2.1 Shrnutí porovnání sed stoj

	Dechové výchylky sed/stoj
Proband č. 1	Výchylky se zvýšily ve všech oblastech kromě středního hrudníku, kde se naopak snížily. Počet dechů za minutu se snížil.
Proband č. 2	Zvýšení dechových výchylek v horním hrudníku, v ostatních oblastech hrudníku snížení. Počet dechů za minutu stoupl.
Proband č. 3	Dechové výchylky se snížily ve všech oblastech, počet dechů za minutu se zvýšil.
Proband č. 4	Výchylky se zvýšily v horním hrudníku a břišní oblasti, počet dechů za minutu se lehce snížil.

Shrneme-li dýchání všech probandů, můžeme říci, že v sedě převažovaly výchylky při nádechu v oblasti dolního hrudníku a ve stoji v břišní oblasti a horním hrudníku.

Při změně polohy ze sedu do stoje byly zaznamenány nejčastěji změny dechových výchylek v oblasti horní hrudní a břišní oblasti.

Celkově převažuje **snížení** exkurzí hrudníku při změně polohy do stoje.

Zaměříme-li se konkrétně na jednotlivé oblasti hrudníku a na porovnání mezi probandy, zjistíme, že u 3 ze 4 probandů se při změně polohy ze sedu do stoje zvýšily dechové výchylky v horním hrudním segmentu. U všech probandů se snížily výchylky ve středním hrudním segmentu, u 3 ze 4 se snížily v dolním hrudním segmentu, u 2 ze 4 v břišním segmentu.

Součet dechových výchylek všech oblastí (v procentech)

	Sed	Stoj
P1	16,7%	17,42%
P2	28,7%	24,73%
P3	26,73%	24,54%
P4	47,3%	18,15%

2.3.2.3 Průměr a rozptyl dechových výchylek u počítaných vzdáleností

Přehled průměrných procentuálních hodnot dechových výchylek hrudníku u všech probandů:

	Oblast segmentu	Oblast hrudníku/trupu	Průměr (%)	Rozptyl (%)
Sed	Th2-HS	horní hrudník	6,13	1,58
	Th6-6.ž.	střední hrudník	4,7	0,88
	Th8-PX	dolní hrudník	11,27	147,75
	Th12-pup	břicho	7,79	13,86
	Celkový průměr		7,37	41,01
Stoj	Th2-HS	horní hrudník	6,81	3,38
	Th6-6.ž.	střední hrudník	3,77	0,92
	Th8-PX	dolní hrudník	3,9	0,46
	Th12-pup	břicho	6,75	10,02
	Celkový průměr		5,3	3,69

Popis:

Vypočítali jsme aritmetický průměr dechových výchylek v 1 oblasti hrudníku u všech probandů dohromady. Výsledkem je, že v horním hrudníku se rozsah dechových výchylek ve stoji oproti sedu zvýšil, ve středním hrudníku snížil, v dolním hrudníku snížil a v oblasti břicha také snížil. Ve 3 segmentech se dechové výchylky snížily, v 1 zvýšily. **Celkově se exkurze ve stoji proti sedu snížily ze 7,37% vsedě na 5,3% ve stoji.**

Rozptyl dechových výchylek ve většině případů nepřesáhl hodnotu 14%. Pouze u probanda č. 4 se vsedě v dolním hrudním segmentu objevila dechová výchylka v hodnotě 32%, díky které se rozptyl v dolním hrudníku celkově zvedl na 147,7%. Předpokládáme, že v tomto případě se může jednat i o chybu měření.

2.3.3 Plochy, výchylky ploch

2.3.3.1 Transverzální rovina

	Sed			Stoj			Porovnání sed/stoj
	Průměrná velikost plochy (dm ²)	Výchylky (dm ²)	Výchylky (%)	Průměrná velikost plochy (dm ²)	Výchylky (dm ²)	Výchylky (%)	
P1	1,49	0,12	8,05	1,42	0,13	9,15	Plocha – snížení Výchylky - zvýšení
P2	1,55	0,2	17,39	1,54	0,18	11,69	Plocha – zvýšení Výchylky - zvýšení
P3	1,68	0,37	22,02	1,55	0,42	27,1	Plocha – snížení Výchylky - zvýšení
P4	2,41	0,27	11,2	2,28	0,18	7,89	Plocha – snížení Výchylky - snížení
Celkové průměry	1,78	0,24	14,6	1,69	0,22	13,95	Plocha – snížení Výchylky - snížení

Závěr:

Plocha je tvořena trojúhelníkem složeného z bodů 10. žebra vpravo, vlevo a bodem na páteři tvořícím s předešlými 2 body horizontální rovinu. Tato plocha má průměrnou hodnotu vsedě 1,78 dm² (u jednotlivých probandů se pohybuje v rozpětí 1,49-2,41 dm²) a 1,69 dm² ve stoji (v rozpětí 1,42-2,28 dm²). Z čehož vyplývá, že ve stoji dojde ke snížení této plochy, v průměru o 0,09 dm².

Výchytky hrudníku během hlubokého dýchání se pohybují vsedě v rozpětí 0,12-0,37 dm², v průměru 0,24 dm². Ve stoji dochází ve většině případů ke snížení této hodnoty, v průměru poklesne na 0,22 dm² a rozpětí je 0,13-0,42 dm².

Převědeme-li výchytky hrudníku na procenta, tak vsedě se při nádechu zvýší rozpětí hrudníku o 14,6% a ve stoji o 13,95%.

Ve stoji oproti sedu dochází v transverzální rovině ve všech případech ke snížení ploch. Ve 2 případech dochází ke snížení výchytek hrudníku během nádechu a ve 2 naopak ke zvýšení. Po vytvoření aritmetického průměru všech hodnot zjistíme, že **celkově v transverzální rovině dojde ve stoji ke snížení ploch i ke snížení dechových výchytek této plochy.**

2.3.3.2 Sagitální rovina

	Sed			Stoj			Porovnání sed/stoj
	Průměrná velikost plochy (dm ²)	Výchytky (dm ²)	Výchytky (%)	Průměrná velikost plochy (dm ²)	Výchytky (dm ²)	Výchytky (%)	
P1	2,73	0,16	5,86	2,77	0,19	6,86	Plocha – zvýšení Výchytky - zvýšení
P2	1,92	0,15	7,81	1,95	0,16	8,21	Plocha – zvýšení Výchytky - zvýšení
P3	1,86	0,14	7,53	1,88	0,12	6,38	Plocha – zvýšení Výchytky - snížení
P4	2,1	0,17	8,1	2,1	0,23	10,95	Plocha – shodná Výchytky - zvýšení
Průměr všech probandů	2,15	0,16	7,33	2,18	0,18	8,1	Plocha – zvýšení Výchytky - snížení

Závěr:

Plochy jsou tvořené trojúhelníkem z markerů uložených na horním sternu, processus xiphoideus a obratle Th6. Průměrná velikost plochy hrudníku v sagitální rovině vsedě činí 2,15 dm² a ve stoji 2,18 dm². Rozpětí těchto hodnot se vsedě pohybuje mezi 1,86 - 2,73 dm² a ve stoji 1,88 – 2,77 dm². Ve stoji oproti sedu dochází ke zvýšení plochy hrudníku v sagitální rovině.

Výchytky hrudníku v poloze vsedě se pohybují mezi 0,14-0,17 dm², což je v průměru 0,16 dm². Ve stoji se výchytky oproti sedu zvýší na průměrnou hodnotu 0,18 dm², což je rozpětí 0,12-0,23dm².

Převědeme-li výchytky na procenta, tak vsedě se zvýší plocha hrudníku v sagitální rovině o 7,33% a ve stoji o 8,1%.

V sagitální rovině dochází ve stoji oproti sedu ve 3 případech ke zvýšení ploch, v 1 případě je velikost plochy shodná. Velikost výchytek hrudníku při nádechu je ve 3 případech větší a pouze v 1 případě menší.

Po vytvoření aritmetického průměru všech hodnot zjistíme, že **celkově v sagitální rovině dojde ve stoji ke zvýšení ploch i ke zvýšení dechových výchytek této plochy.**

2.3.4 Dechové parametry plic

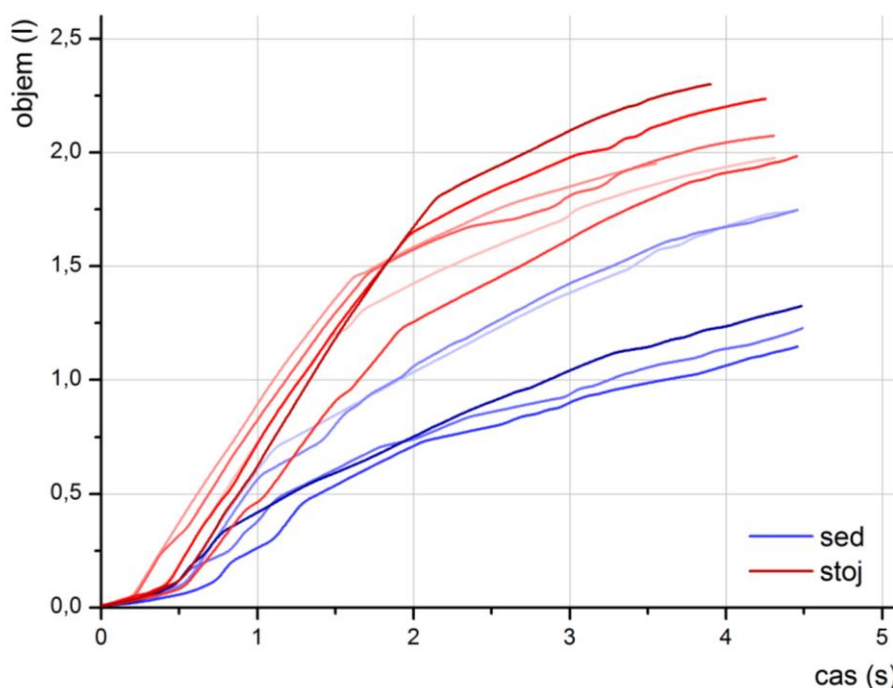
		Sed	Stoj
P1	<i>Minutový ventilační objem při hlubokém dýchání (l)</i>	9,48	18,65
	Výdechový objem (l)/1 výdech (průměr)	0,96	1,55
	Maximální výdechová rychlost (l/s)	1,19	1,17
P2	<i>Minutový ventilační objem při hlubokém dýchání (l)</i>	9,56	*
	Výdechový objem (l)/1 výdech (průměr)	1,57	*
	Maximální výdechová rychlost (l/s)	1,34	*
P3	<i>Minutový ventilační objem při hlubokém dýchání (l)</i>	7,18	10,21
	Výdechový objem (l)/1 výdech (průměr)	1,44	2,04
	Maximální výdechová rychlost (l/s)	1,27	1,26
P4	<i>Minutový ventilační objem při hlubokém dýchání (l)</i>	9,9	6,42
	Výdechový objem (l)/1 výdech (průměr)	1,65	1,07
	Maximální výdechová rychlost (l/s)	1,32	1,32

*Výsledky nejsou zobrazeny, jelikož měření se nezdařilo. Důvodem byla pravděpodobně technická chyba.

Popis:

Z tabulky výše můžeme vidět, že hodnoty výdechových objemů za dobu jedné minuty při hlubokém dýchání u probanda č. 1 vzrostly ve stoji téměř dvojnásob, u probanda č. 3 o cca 1/3 a u probanda č. 4 dokonce klesly, přičemž průměrná hodnota výdechového objemu (vitální kapacity) za 1 výdech se pohybovala okolo 11 – 1,5 l v sedě a ve stoji okolo 11 - 2l.

Maximální výdechová rychlost ve většině případů klesla, pouze u probanda č. 4 zůstala shodná.

Porovnání výdechových objemů sed/stoj

Obrázek 31: Výdechové křivky sedu a stoje

Popis:

V grafu vidíme porovnání výdechových křivek u probanda č. 3. Modrou barvou jsou označeny výdechy v sedě, červenou ve stoji. Je patrné, že objemy ve stoji vykazují ve všech případech větší hodnoty než v sedě. Prvních 0,5s jsou výdechové objemy shodné. Dochází k nárůstu objemu zejména ve druhé fázi výdechu. 3. fáze má opět podobný charakter křivek.

Přehled všech porovnání výdechových objemů v čase mezi sedem a stojem naleznete v příloze č. 5.

2.3.5 Porovnání všech dechových parametrů

	Sed				Stoj			
	Dechová výchylka – vzdáleností (%)	Dechová výchylka – transverzální plocha (%)	Dechová výchylka – sagitální Plocha (%)	Vitální kapacita (l)	Dechová výchylka – vzdáleností (%)	Dechová výchylka – transverzální plocha (%)	Dechová výchylka – sagitální Plocha (%)	Vitální kapacita (l)
P1	16,7	8,05	5,86	0,96	17,42	9,15	6,86	1,55
P2	28,7	17,39	7,81	*	24,73	11,69	8,21	*
P3	26,73	22,02	7,53	1,44	24,54	27,1	6,38	2,04
P4	47,3	11,2	8,1	1,65	18,15	7,89	10,95	1,07

* měření se nezdařilo

Popis

V tabulce výše je shrnutí všech dechových parametrů. Můžeme jejich hodnoty porovnat:

Zvyšující se parametry ve stoji oproti sedu:

Proband č. 1 – ve stoji se zvyšují všechny hodnoty.

Proband č. 2 – ve stoji se zvyšuje pouze dechová výchylka v sagitální rovině, vitální kapacita chybí.

Proband č. 3 – zvyšuje se dechová výchylka v transverzální rovině a vitální kapacita.

Proband č. 4 – ve stoji se zvyšují pouze dechové výchylky v sagitální rovině.

Snižující se parametry ve stoji oproti sedu:

Proband č. 1 – ve stoji se nesnižuje žádná hodnota.

Proband č. 2 – ve stoji se snižuje dechová výchylka vzdáleností a ploch v transverzální rovině.

Proband č. 3 – snižuje se dechová výchylka vzdáleností a ploch v sagitální rovině.

Proband č. 4 – ve stoji se snižuje dechová výchylka vzdáleností, ploch v transverzální rovině a vitální kapacita.

2.4 Diskuse

Několik studií se zabývalo otázkami změn dýchání při různých polohách těla. Většina z nich se ale zaměřovala na změny spirometrických hodnot než na výchylky hrudníku v prostoru.

Z pohledu spirometrie se většina autorů shoduje, že se stoupajícími nároky na udržení polohy těla se zvyšuje i plicní ventilace. Nejmenší ventilace je v klidu v poloze vleže na zádech, vyšší v poloze vsedě a nejvyšší ve stoji. Dle Piersona dochází se stoupající polohou těla k vyšší svalové práci, která je nutná pro udržení této polohy proti působení gravitačních sil. Vyšší svalová práce se rovná vyšší spotřebě kyslíku. (Pierson, 1976).

Naším výsledkům to však zcela neodpovídá a vyplývá, že minutový ventilační objem a stejně tak i vitální kapacita plic byly ve většině případů vyšší ve stoji než vsedě. Tato skutečnost neplatila však pro všechny probandy. U probanda č. 4 byly vyšší spirometrické hodnoty vsedě. Důvodem může být, že vsedě vykazoval tento proband výraznou dechovou výchylku v oblasti dolního hrudníku a to o 32%. Ostatní probandi vykazovali v této oblasti vsedě exkurze cca 4%. Ve stoji měl již dechové výchylky porovnatelné s ostatními. Je pravděpodobné, že vsedě proband výrazně aktivoval bránici a tudíž se mu zvýšily i spirometrické hodnoty. (Charbel, 2002)

Výzkum Prof. Troostera říká, že k nejvyšším hodnotám vitální kapacity dochází ve stoji. Na druhém místě se objevuje sed. Jejich hypotéza, proč vsedě nedochází k tak velké vitální kapacitě jako ve stoji je taková, že obsah dutiny břišní je vsedě uložen výše v dutině břišní než ve stoji. To vede k tomu, že bránice při nádechu nemá prostor a nemůže poklesnout natolik, aby dosáhla své plné délky. Vsedě díky flexi kyčelních kloubů jsou břišní svaly v menším protažení než ve stoji, mezižeberní prostory jsou stlačeny a rozepnutí hrudníku při nádechu není tak veliké jako ve stoji. (Trooster, 2009)

Názor, že pohyby bránice korespondují s hodnotami vitální kapacity, nepodporují ale všechny výzkumy. Např. z výzkumu Takazakura, Takahashi, kteří porovnávali exkurze bránice v poloze v lehu na zádech a vsedě při hlubokém dýchání,

vyplývá, že větších pohybů bylo zaznamenáno v poloze vleže na zádech oproti sedu. Ke zvýšení pohybů došlo zejména v zadní a laterální části bránice. Spirometrické hodnoty byly naopak vsedě naměřeny větší oproti poloze vleže na zádech. (Takazakura, Takahashi, 2004).

Vilke, Neuman, Clausen také zkoumali, zda plicní funkce jsou ovlivněny polohou pacienta. Měřili usilovnou vitální kapacitu (FVC), vteřinovou usilovnou vitální kapacitu (FVC1) a minutový ventilační objem (MVV). Výsledkem bylo, že nejvyšší objemové hodnoty se objevují v poloze vsedě s porovnáním v poloze vleže na zádech a na břiše. Hodnoty vleže na břiše a na zádech jsou naopak srovnatelné. (Takazakura, Takahashi 2004; Vilke, Neuman, Clausen 2000)

Výsledky našeho výzkumu z větší části korespondují i s dalšími studiemi. Např. Lalloo, Becklake, Goldsmith porovnávali spirometrické hodnoty vsedě a vleže u 94 zdravých jedinců. Ukázalo se, že všechny spirometrické hodnoty byly vyšší v poloze ve stoje než vsedě (Lalloo, Becklake, Goldsmith 1991). Důvodem vyšší minutové ventilace ve stoji než vsedě může být jednak to, že stoj je posturálně náročnější poloha než sed, tudíž pro udržení této polohy je nutná větší svalová aktivita a větší přísun kyslíku. Dále tím, že ve stoji nejsou plíce tolik „stlačovány“ jako vsedě a že bránice má větší prostor pro uskutečnění nádechu. V neposlední řadě musíme myslet i na skutečnost, že měření ve stoji následovalo až po měření vsedě. Tudíž dýchání ve stoji mohlo být již ovlivněno předešlým měřením.

Maximální výdechová rychlost byla u všech probandů ve stoji nižší než vsedě.

Nás zajímala otázka výchylek hrudníku během dýchání a jejich porovnání mezi sedem a stojem. Zaměřili jsme se na sagitální rovinu, kde jsme pomocí vzdálenosti 2 bodů sledovali rozpínání hrudníku. Nenalezla jsem žádný výzkum, který by se věnoval porovnávání výchylek hrudníku během dýchání mezi sedem a stojem v sagitální rovině.

Hypotéza „A“, že budou patrné rozdíly dechových parametrů mezi sedem a stojem se nám potvrdila. Z našeho výzkumu vyplývá, že u 3 probandů ze 4 došlo při změně polohy ze sedu do stoje ke stejným změnám. A to ke snížení dechových výchylek v sagitální rovině ve všech oblastech hrudníku kromě horního hrudníku, kde se ve 2 případech výchylky naopak zvýšily. Tato skutečnost neplatila pouze pro probanda č. 1, u kterého ve stoji došlo ke zvýšení výchylek ve všech oblastech kromě

středního hrudníku. Současně jsme u probanda č. 1 naměřili ve stoji také dvojnásobný minutový ventilační objem, což byla mezi probandy nejvyšší hodnota.

Důvodů proč se ve většině oblastí hrudníku ve stoji s porovnáním se sedem snížily dechové výchylky, může být hned několik. Ve stoji nedochází k flexi v kyčelních kloubech, tudíž i tlak na břišní orgány je snížen. Břišní orgány již nezasahují tolik kranálně a uvolňují prostor pro bránici, která se může s nádechem více posouvat kaudálně. (Charbel B, 2002) Tím může zvýšit svoji práci na úkor práce mezižeberních svalů, která se tím sníží, z čehož by vyplývalo, že zvýší-li se brániční dýchání, můžeme pozorovat i větší dechové výchylky v oblasti břicha. Z našich výsledků vyplývá, že břišní výchylky se zvýšily pouze u 2 probandů ze 4.

Na druhé straně je teorie „omezeného dýchání břišního“. Vsedě nedochází k aktivaci břišních svalů, tudíž nemůže nastat ani koaktivace mezi bránicí a břišními svaly, což vede k tomu, že dýchání se omezí pouze na povrchové dýchání břišní. (Hodges, Simon, 2000)

Za povšimnutí stojí dýchání u probanda č. 4, kdy vsedě dýchal proband s největší výchylkou do dolního hrudníku, ale průmět hrudníku byl v tomto bodě nejmenší. Naopak ve stoji byly dechové výchylky v dolním hrudníku nejmenší, ale průmět byl největší. Proč tomu tak bylo, může vysvětlovat skutečnost, že na velikosti svalové kontrakce závisí předešlé napětí svalů, „výchozí napětí“. (Dylevský, 2009). V tomto případě dechové výchylky korespondovaly s velikostmi hodnot vitálních kapacit. Neplatilo to ale u všech probandů.

Porovnáme-li velikosti ploch mezi sedem a stojem, zjistíme, že v transverzální rovině se ve stoji u všech probandů velikost plochy snížila a v sagitální rovině zase zvýšila (v sagitální rovině se velikost plochy zvýšila u 3 probandů, u 1 probanda byla plocha mezi sedem a stojem shodná). Nenašla jsem žádnou literaturu, která by porovnávala expanze hrudníku mezi sedem a stojem v porovnávání ploch. Můžeme ale předpokládat, že vsedě je jeden z důvodů větší plochy v transverzální rovině v oblasti dolního hrudníku, větší posun břišních orgánů právě do této oblasti. Ve stoji, když už nejsou břišní orgány „utlačovány“ flexi v kyčelních kloubech, se více posunou kaudálně a průřez dolního hrudníku se zmenší. Svoji roli zde může hrát právě i rozdílné postavení

segmentů těla, které ve stoji vede ke zvýšenému lordotickému zakřivení páteře, antevertzi pánve atd.

Po porovnání ploch sagitálních rovin vsedě a ve stoji získáváme závěr, že ve stoji se plocha zvyšuje. Vysvětlením může být skutečnost, že v oblasti beder se vytvoří lordotické zakřivení, zvýší se mezižební prostory a hrudník má více prostoru pro expanzi.

Dechové výchylky hrudníku v transverzální rovině se při porovnání mezi sedem a stojem celkově také snížily (u 3 ze 4 probandů se snížily, u 1 probanda zvýšily). V sagitální rovině se ve stoji exkurze hrudníku při nádechu většinou zvýšily (platné pouze pro 3 probandy ze 4). Těto skutečnosti se vymyká proband č. 3, u kterého byl zaznamenán opačný efekt změn ploch při porovnávání mezi sedem a stojem. V transverzální rovině se velikost plochy ve stoji oproti sedu zvýšila a v sagitální rovině naopak snížila. Celkově lze shrnout, že zvýší-li se plocha hrudníku v jedné z těchto rovin, sníží se naopak v rovině druhé. Což je, dle mého názoru, ve své podstatě nezbytné pro udržení dostatečné plicní ventilace.

Porovnání průměrných hodnot vzdáleností na hrudníku mezi jednotlivými minutami (průmětu) ukazuje, že u některých probandů docházelo k poklesu průmětu hrudníku v čase, u jiných naopak k vzrůstu. Bylo zřejmé, že každý proband má zakódovaný svůj dechový stereotyp, a že k jejich změnám v čase nedochází náhodně. Není možné tyto změny porovnávat mezi probandy, ale je nutno je brát individuálně. U 3 ze 4 probandů jsme si všimli efektu, že dochází-li např. ke snížení průmětu jednotlivé oblasti hrudníku v čase vsedě, ve stoji dochází naopak k jejímu zvýšení a opačně dochází-li vsedě ke zvyšování průmětu hrudníku mezi jednotlivými minutami, ve stoji se naopak snižuje. Ale vzhledem k malému množství probandů nelze tento závěr považovat za validní.

U probanda č. 1 a 4 (shodou okolností se jedná také o muže) se vsedě průmět (průměrné vzdálenosti na hrudníku) s časem zvyšuje. Toto může být dáno jak zvětšujícím se vzdálenostem hrudníku po výdechu, tak i zvýšením dechových výchylek hrudníku. Počet dechů se v těchto případech spíše s časem snižoval (snižoval se nebo

zůstával konstantní). Došlo ke zvýšení exkurzí hrudníku na úkor snížení počtu dechů za minutu. Tudíž můžeme předpokládat, že dýchání se prohloubilo.

U probanda č. 2 a 3, jedná se o ženy, se vsedě naopak průmět časem snižuje. Důvodem může být, jak snížení dechových výchylek hrudníku, tak snižující se vzdálenost hrudníku po výdechu. Zaměříme-li se opět na počet dechů za minutu, je patrné, že mezi jednotlivými minutami dochází spíše ke zvýšení počtu dechů. To znamená, že počet dechů za minutu se zvýšil nebo zůstával konstantní. Z těchto faktorů můžeme odvozovat, že časem se u žen snižovaly dechové exkurze na úkor zvyšování počtu dechů za minutu. Došlo tudíž k menšímu prohloubení dechu.

Ve stoji to vypadalo následovně. U probanda č. 1 došlo ke zvýšení průmětu hrudníku mezi 1. a 2. minutou, ale ke snížení mezi 2. a 3. U probanda č. 2 je pokles ve všech oblastech kromě horního hrudníku. Proband č. 3 vykazoval snížení ve všech oblastech kromě břicha. U probanda č. 4 klesal průmět v dolním hrudníku a rostl v oblasti břicha.

U probandů č. 2 a 3 si můžeme povšimnout klesající tendence průmětu hrudníku v čase. U 1. a 2. probanda není závěr jednoznačný, neboť je dýchání mezi jednotlivými minutami rozdílné. Je zajímavé, že probandi č. 2 a 3 jsou ženy, a jak již bylo popsáno výše u sedu, mají tendenci časem snižovat průmět hrudníku. Porovnáme-li opět exkurze s počtem dechů za minutu, tak nedojdeme k jednoznačnému závěru jako ve stoji. Počet dechů za minutu byl ve většině případů konstantní, pouze u probanda č. 1 se časem snižoval. Důvodem může být právě ta skutečnost, že ve stoji není hrudník omezován útlakem flexe v kyčelních kloubech, a že ve stoji zaujímá páteř a tudíž i hrudník více fyziologickou polohu. Proto hrudník i bránice mají větší možnost kompenzace nedostatku kyslíku. Neužívají pouze rozpínání hrudníku do šířky a změny frekvence dýchání, ale dochází i k variabilnější práci bránice. Např. z výzkumu Skládala, který pozoroval posturální reakci bránice vyplývá, že při náročnější poloze těla se do posturální reakce zapojuje i bránice, která zvýší svoji aktivitu, poklesne více kaudálně a umožní vyšší nádech. (Skládal, 1976). Dle Hemberga a Gandevii je pro správnou funkci bránice nutná souhra s břišními svaly a svaly pánevního dna. (Hemberg, Creswell et.al. 1994, Gandevia 2000). Vsedě ale není aktivita břišních svalů příliš velká, jelikož díky flexi v kyčelních kloubech nedochází k jejich výchozímu protažení, které je

nutné pro jejich kontrakci. Ani svaly pánevního dna nelze zcela zapojit, protože díky sedu je jejich aktivita snížena. Veškerá zátěž trupu vsedě se převede na pánev a svaly pánevního dna, které jsou také přechodem mezi tělem člověka a vnější prostorem, konkrétně židlí.

Výběr probandů byl náhodný, museli však dodržovat určitá kritéria. Nesměli provádět činnosti spojené s dýcháním (zpěváci, plavci, kuřáci atd.). Věkově mezi nimi nesměl být výrazný rozdíl. Jelikož z výzkumu Stanley, Verota, Craft vyplývá, že průběh dýchání závisí na věku. Zkoumali vliv věku na interakci mezi dechovým objemem a srdeční a dechovou frekvencí v poloze vleže, na zádech a ve stoji. K výzkumu byli pozváni jedinci ve věku kolem 27 a 69 let. Po 5 min. klidového dýchání se odebrala data a zpracovala. Výsledkem bylo, že u starších lidí byla patrna nižší a variabilnější rychlost dýchání v porovnání s mladšími v obou polohách. Naopak u obou skupin bylo zřejmé, že v poloze ve stoji dochází ke zpomalení dechové frekvence a zvýšení plicního objemu. Srdeční frekvence se měnila v závislosti na dechové frekvenci. (Stanley, Verota, Craft, 1997)

Výrazně se však probandi lišili somatotypem. Popíšeme-li dýchání u jednotlivých probandů z pohledu rozdílných somatotypů, můžeme si všimnout určitých odlišností. Např. u probanda č. 1, který je považován spíše za ektomorfní somatotyp, se dýchání vsedě i ve stoji centrovalo do oblasti středního hrudníku (patrně nejvyšší dechové výchylky), nejnižší v oblasti břicha. U probanda s vysokým podílem svalové hmoty, mezomorfní somatotyp se největší exkurze v dýchání vsedě i ve stoji objevovaly v oblasti břicha a dolního hrudníku. U 2 mezo-endomorfních probandů bylo dýchání vsedě a ve stoji porovnatelné. Nejvyšší exkurze hrudníku se u obou (shodou okolností také jsou obě ženy) objevily jak vsedě, tak ve stoji v oblasti břicha a horního hrudníku. Změny výchylek ze sedu do stoje už však porovnatelné nejsou.

Tímto by se dalo shrnout, že dýchání významně odráží anatomické poměry i svalové „vybavení“ člověka. Nemůžeme však vyvozovat jednoznačné závěry plynoucí z naší studie vzhledem k malému množství probandů. Můžeme se ale přiblížit myšlence, že u ektomorfních typů, to znamená u vysokých, štíhlých jedinců, kteří mají protáhlý trup, se objevuje více hrudní typ dýchání. U mezomorfních typů, kteří mají vysoký podíl svalové vrstvy, se objevuje spíše břišní dýchání. Tento typ dýchání může

být také způsoben tím, že vyšší svalový tonus v oblasti hrudníku nedovolí při dýchání takovému rozpětí hrudního koše, tudíž se dechové pohyby přesouvají do oblasti břicha. Na druhé straně ektomorfní typy mají svalové hmoty poměrně málo a jejich dominantou jsou dlouhé končetiny a trup. Tudíž i dýchání má více prostoru v oblasti hrudníku.

Porovnáme-li dechové výchylky hrudníku mezi ektomorfním a mezomorfním jedincem zjistíme, že v prvním případě došlo ve stoji ke zvýšení exkurzí ve všech segmentech, kromě středního hrudníku. U mezomorfního somatotypu se ve stoji zvýšily dechové výchylky v břišní a horní hrudní oblasti.

Somatotyp není však jediný fenomén, který se podílí na diferenciaci dýchání. Vliv zde má celá řada dalších faktorů. V první řadě je to stav pohybového aparátu jako celku, psychický stav, pohybové stereotypy, aktivity denního života, předešlé úrazy atd. V našem výzkumu jsme se snažili vybrat takové probandy, kteří budou mít tyto vlastnosti co nejvíce podobné. Nelze ale dosáhnout úplné totožnosti, tudíž i malé odchylky mezi individui se promítnou do typu dýchání. Každý je tím ovlivněn jinou mírou a jiným způsobem. Proto je dýchání považováno za velmi nestabilní a individuální „pohybový stereotyp“.

Zaměříme-li se na porovnání exkurzí hrudníku mezi ženami a muži, nevyjdou nám zcela jednoznačné výsledky. U žen, jak již bylo popsáno výše u mezo-endorfních typů, se v obou případech objevovaly stejné typy dýchání. Vsedě i ve stoji byly shodně nejvyšší exkurze hrudníku v oblasti břicha a horního hrudníku. Při změně polohy ze sedu do stoje již byly výchylky odlišné. U první probandky se ve stoji zvýšilo dýchání horní hrudní a v ostatních segmentech se dýchání snížilo. Ve druhém případě se dýchání snížilo ve všech oblastech. Nenalezla jsem žádnou literaturu, která by se věnovala popisům dýchání u mužů a u žen podrobněji, pouze obecně. Několik autorů se shoduje, že dýchání je u žen dáno více aktivací mezižeberních svalů a u mužů stahem bránice. Tudíž u žen se objevuje více hrudní dýchání a u mužů dýchání břišní. (www.content.karger.com). Žádná literatura se nevěnuje porovnáním exkurzí vsedě a ve stoji u mužů a u žen. Z našeho výzkumu vyplývá, že u žen dochází ve stoji více k bráničnímu dýchání a vsedě k podklíčkovému dýchání.

U 2 probandů mužského pohlaví nebylo již dýchání shodné. Vsedě a ve stoji vykazovali rozdílné dechové výchylky. U jednoho převažoval spíše dolní hrudní typ a u druhého střední typ dýchání. Ve stoji se dýchání posunulo zase do oblasti břicha a u druhého do horního hrudníku. Z celkového pohledu na „mužské“ dýchání můžeme říci, že ve stoji se oproti sedu spíše exkurze hrudníku zvýšily.

Proč se u mužů ve stoji dechové výchylky zvýšily a u žen naopak snížily? Důvodem mohou být rozdílné antropometrické parametry trupu. Např. tím, že u mužů zasahuje pánev více kraniálněji do dutiny břišní než u žen, tudíž i tah svalů je odlišný. Dále, že ženy mají větší prsa než muži, takže tahy a tlaky na hrudník jsou i tímto rozdílné.

Sed a stoj jsou statické polohy těla, které jsou v dnešní době nejvíce využívány. Obě polohy jsou zařazovány mezi vertikální polohy, kdy sed se liší od stoje tím, že jsou z funkce vyřazeny dolní končetiny. Vsedě dochází k větší retroverzi pánve než ve stoji, tím se sníží i bederní lordóza a změní se postavení dalších výše položených segmentů. Je zřejmé, že změna polohy bude mít nemalý vliv na dýchání. Podíváme-li se na největší dechové výchylky hrudníku během sedu a stoje, zjistíme, že vsedě se vyskytovaly největší exkurze v břišní oblasti, poté v dolním a středním hrudníku. Ve stoji byly exkurze naopak nejvyšší v horní hrudní a poté v břišní oblasti.

Z celkového pohledu lze říci, že dýchání v následné minutě mohlo být ovlivněno minutou předešlou. Abychom se tohoto faktu vyvarovali, tak jsme mezi jednotlivými minutami dávali 1 minutu klidu, přirozeného dýchání.

Převédeme-li dechové výchylky hrudníku z procent na cm, vyjdou nám následující výsledky. V průměru se zvyšovaly výchylky hrudníku při nádechu v sagitální rovině o 1-2 cm. Našla jsem pouze 1 výzkum, který řešil otázku dýchání v 3D systému za pomoci markerů vsedě. Probandi měli za úkol dýchat přirozeně, to znamená ne prohloubeně, jak tomu bylo v našem případě. Výsledkem bylo, že rovina kolem 3. a 5. žebra vykazovala největší rozpínavost ventrálním a kraniálním směrem, a to v průměru o 3-5 mm. Laterálním směrem byly exkurze pouze 1-2 mm. Na druhé straně rovina kolem pupíku se pohybovala pouze ventrálním směrem. Celkově roviny kolem 3., 5., a 8. žebra vykazovaly elipsovité charakter, naproti tomu rovina kolem pupíku kruhový charakter. (Groote a spol., 1997).

Spirometrická metoda je velmi rozšířený způsob, jak rychle a kvalitně zjistit funkčnost plic. My jsme využili přístroj, který nám nabízel fakulta tělesné výchovy a sportu, který nám byl po menších úpravách poskytnut. Tento přístroj měřil pouze výdechové impulzy a bylo nutné přepočítat tyto impulzy na skutečné hodnoty výdechů v litrech. Vycházeli jsme také z úvahy, že výdechový objem plic se rovná nádechovému objemu.

Záznam hrudníku v prostoru jsme prováděli pomocí Qualisysu, což je optoelektrické zařízení snímající, díky markerům uloženým na hrudníku, polohu hrudníku v 3D prostoru. Jedinou nevýhodou tohoto měření je, že markery se mohou během dýchání pohybovat společně s kůží, tudíž i samotný záznam může být brán jako 3D obraz pohybu kůže během dýchání, než pohyb samotné kostry hrudníku, ale pro sledování vnějších projevů dýchání je tato metoda dostačující.

Jak již bylo uvedeno výše, patří dýchání, sed i stoj mezi prvky, které lze hůře standardizovat, protože jsou to velmi variabilní a individuální stereotypy. Jsou závislé zejména na antropometrických parametrech člověka, svalové složce, patologických změnách atd. Pro měření vsedě byla použita židle bez opěradla, neboť v mnohých výzkumech bylo opěradlo kritizováno z důvodu nedostatečné expanze hrudníku při nádechu. Židle byla otočná, aby bylo možné nastavit vhodnou výšku a byly udrženy body pro standardizaci (viz. standardizace sedu v části „metodologie“).

V přílohách můžete vidět křivky průběhů dýchání i nárůstů objemů vzduchu během výdechů. Mezi jednotlivými probandy jsou patrné výraznější rozdíly v průběhu dýchání. Intraindividuálně jsou si jednotlivé křivky velmi podobné, ale v žádném z našich případů se nestalo, že by křivky vykazovaly zcela totožný průběh. Každý nádech a výdech je svým způsobem individuální a unikátní.

3 Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvořit metodiku měření, ověřit jí prvními pokusy a z nich zhotovit odpovídající závěry. Zaměřili jsme se na porovnávání respiračních parametrů mezi polohami člověka v sedu a ve stoji.

Zjistili jsme, že ve stoji jak dechové výchylky hrudníku, tak dechové objemy plic vykazují oproti sedu značné změny. Velikost průmětu hrudníku je ve stoji zachována, ale dechové odchylky se celkově snižují. Porovnáme-li sed a stoj pomocí ploch hrudníku v sagitální a transverzální rovině, zjistíme, že ve stoji se průměrně snižuje jak plocha hrudníku v transverzální rovině, tak dechové výchylky této plochy. Na druhé straně plocha hrudníku v sagitální rovině a její dechové výchylky se zvyšují.

Pro další pokračování v této studii bych doporučila zahrnout do výzkumu více probandů a použít pro měření více markerů na těle.

Potvrzení či nepotvrzení hypotéz:

- A. Dechové parametry mezi polohami sedu a stoje se budou odlišovat díky rozdílným polohám segmentů těla
 - tato hypotéza se nám potvrdila, ve stoji byly oproti sedu zjištěny v průměru menší dechové výchylky, velikost plochy v transverzální rovině byla ve stoji nižší, na druhé straně byla vyšší plocha v sagitální rovině; dechové parametry plic se ve stoji celkově zvýšily.
- B. Zvýší-li se dechová výchylka hrudníku v porovnání mezi sedem a stojem, dojde současně i ke zvýšení výdechových objemů a naopak
 - tato hypotéza se nám potvrdila částečně, u 2 probandů se nám tato závislost potvrdila, u jednoho nikoliv.
- C. S přibývajícemi minutami měření bude dýchání prohloubenější (rozdíl poloh hrudníku mezi maximálním nádechem a výdechem bude zvýšen), na druhé straně dechová frekvence bude snížena
 - tato hypotéza se nám potvrdila částečně, ve 2 případech došlo k prohloubení dýchání v čase a ke snížení dechové frekvence, ve 2 případech naopak došlo ke snížení hloubky dechu a ke zvýšení dechové frekvence.

- D. Dechové parametry se budou odlišovat podle rozdílnosti pohlaví, somatotypu
- tato hypotéza se nám potvrdila částečně, u 2 žen jsou patrné stejné změny v dýchání mezi sedem a stojem, shodou okolností se jedná i o podobné somatotypy, naopak u 2 mužů byly rozdíly v dýchání rozlišné, jednalo se také o rozlišné somatotypy.

4 Seznam zkratek

3D – trojrozměrné zobrazení

CO₂ – oxid uhličitý

ERV – expirační rezervní objem

FRC – funkční reziduální kapacita

FEV_t – zesílený expirační objem

g – gravitační zrychlení

h - výška

Hb – hemoglobin

HS – horní sternum

H_T – tělesná výška

IC – inspirační kapacita

IZ – internetový zdroj

IRV – inspirační rezervní objem

m. – musculus

mm. - musculii

O₂ – kyslík

p - tlak

pO₂ – parciální tlak kyslíku

r - poloměr

RV – reziduální objem

v - rychlost

V - objem

VC – vitální kapacita

V_t – dechový objem

Th – hrudní páteř, obratel

Th2 – 2. hrudní obratel

Th6 – 6. hrudní obratel

Th8 – 8. hrudní obratel

Th12 – 12. hrudní obratel

PX – processus xiphoideus

t - čas

TLC – celková kapacita plic

ž. – žebro

η - viskozita

ρ - hustota

5 Seznam použité literatury

1. BAREŠOVÁ, J. *Bránice a její dýchací a posturální funkce*. Bakalářská práce. Olomouc, 2003
2. BOUISSET, S. DUCHENE, JL. *Is body balance more perturbed by respiration in seating than in standing posture?*, Neuroreport. 5(8). 4/1994. str. 957-960,
3. BUTLER, JE. MCKENZIE, DK. GANDEVIA, SC. *Discharge frequencies of single motor units in human diaphragm and parasternal muscles in lying and standing..* Department of Mechanical Engineering. University of California, Berkeley 94720. USA. Journal of Applied Physiology. 90(1), 2001/1., str. 147 - 154
4. CLAUSEN J, WAGNER J. *Standardisation of the measurements of the lung volumes*. Journal of Respiratory. č.26, 2005. str.511-522
5. CERHOVÁ I.. *Pohybová odezva člověka na monotónní zátěž sedu z pohledu 3D kinematiky Th. SIPS a distribuce tlaku na interakčním rozhraní*. Diplomová práce. 2007
6. CRESSWELL A.G. et. Al. *The influence of sudden perturbations on trunk muscle activity and intra-abdominal pressure while standing*. Experimental brain research. 1994. č. 98. str. 336-341
7. ČIHÁK, R.. *Anatomi. 3.vydán*. Praha: Avicenum. 1997
8. ČUMPELÍK, J. VÉLE, F. KROBOT, A., aj. *Vztah mezi dechovými pohyby a držení těla*. Rehabilitace a fyzikální lékařství. 2006 č. 2 str. 62-70.
9. DVOŘÁK, R.. *Základy kinezioterapie*, Olomouc. Vydavatelství Univerzity Palackého. 1996
10. DVOŘÁK R., HOLIBKA V. *Nové poznatky o strukturálních předpokladech koordinace funkce bránice a břišní muskulatury*. Rehabilitace a fyzikální lékařství. 2006. č. 2. str. 55-61
11. DONALD D., HARRISOM DC., CROFT C. etc: *Sitting biomechanics, Part II.: Optimal car driver's seat and optimal driver's spinal model*, Journal of manipulative and physiological therapeutics. č. 23/1. 2000. str. 37-45
12. DYLEVSKÝ, I. *Speciální kineziologie*. Praha : Grada. 2009. ISBN 978-80-247-1648-0

13. GREPL M., LAICHMAN S. *On biomechanics of the phonating larynx.* Biomechanics of man. 11/2000. str. 161-165
14. GROOTE A., WANTIER M., CHERON G., ESTENNE M., PAIVA M. *Chest wall motion during tidal breathing* laboratory of movement Biomechanics, Chest service, Erasme university hospital and Biomedical Physics laboratoř. Free University of Brussel, American Physiology Society. 1997. str. 1531 - 1536
15. GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O. *Ergonomie, optimalizace lidské činnosti.* Praha: Grada , 2002.
16. HARAUZ, G.; BRONSKILL, M. *Comparison of the liver's respiratory motions in the supine and upright positions.* Journal of Nuclear Medicine 20. 1979. str. 733-735
17. HERMACHOVÁ M. *Hlas a dech ve fyzioterapii*, odborný seminář. 5.5. 2008, Dobřichovice
18. HODGES P.W., GANDEVIA S.C. *Activation of the human diaphragm during repetitive postural task.* Journal of Physiology. 2000, č. 522. str. 165-175
19. HODGES P., HEIJNEN I., GANDEVIA S.C. *Postural activity of the diaphragm is reduced in humus when respiratory demand increases.* Journal of Physiology. 2001. č.537. s. 999-1008
20. HODGES, P. SIMON, C.. GANDEVIA. *Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm.* Journal of Applied Physiology 89. 8/2000. str. 967-976
21. CHARBEL, B., MARK, R.E., ELIZABETH, R. *The effect of body position on maximal expiratory pressure and flow.* The University of Sydney. Royal Prince Alfred Hospital. Sydney. 2002, č.48, str. 95-102
22. JAKUŠ J, STRÁNSKY A. *Medicínská biofyzika.* Biomechanika dýchání. Grada. 2004. str. 128-130
23. KAPANDJI, I. A. *The physiology of the joints.* London: Churchil Livingstone. 2 vydání. 1997. č.3
24. KEERA, T., MARUYAMA, H. *The effect of posture on respiratory activity of the abdominal muscles.* Journal of Physiological Anthropology : Department of Physical Therapy, Health Science University, Yamanashi. Japan, Applied Human Science. 2005. č. 24(4). str. 259-65.

25. KOLÁŘ P., NEUWIRTH J. a kol. *Analysis of diaphragm movement during tidal breathing and during its activation while breath holding using MRI synchronized with spirometry*. Department of rehabilitation, second medical faculty, Charles University and university hospital. Motol. Prague. Physiological Research 5. 2009. str. 383-392
26. KOLÁŘ P. *Přenáška z předmětu „Klinická kineziologie“*, 2.lékařská fakulta. Motol : ústní sdělení. 2007
27. KOVÁČIKOVÁ, V. (1998). *Reedukace dechových funkcí Vojtovou metodou*. Rehabilitácia. 31. 87 – 91
28. LALLOO, UG; BECKLAKE, MR; GOLDSMITH, CM: *Effect of standing versus sitting position on spirometric indices in healthy subjects*. Respiration, 58(3-4). 1991 str. 122 - 125
29. LEWIT, K. *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně*. Leipzig: J. A. Barth Verlag Heidelberg. 1996
30. MAHR, E. *Statická zátěž páteře v sedu*. Disertační práce na FTVS UK. 2001
31. MÁLEK, P. *Páteř a dýchání*. Vital. 1996. č. 4. str. 9
32. MILLER, M. *Standardisation of Spirometry*. European Respiratory Journal. č. 26/2. 2005. str. 319-338
33. MORINI, S; CICCARELLI, A; CERULLI, C. *Functional anatomy of trunk flexion-extension in isokinetic exercise: muscle activity in standing and seated positions*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 48/1. 3/2008, str. 17-23
34. MOUREK, J. *Fysiologie dýchání*. Univerzita Karlova v Praze. Státní pedagogické nakladatelství. 1979
35. NAVRÁTIL L. ROSINA J. *Medicínská biofyzika* Praha : Grada Avicenum. 2005. str. 128-30, ISBN 80-247-1152-4
36. NIEZGODZKÁ, M. *Biomechanika respirace*, UK FTVS Praha. Katedra Anatomie a Biomechaniky. Lab. Biomechaniky extrémních zátěží. 2007
37. NIEZGODZKÁ, M. *Biomechanika respiračního system*. UK FTVS Praha. Katedra Anatomie a Biomechaniky. Laboratoř Biomechaniky extrémních zátěží. 2007
38. NIEZGODZKÁ. M. *Biokybernetika, řízení respirace*. UK FTVS Praha. Katedra Anatomie a Biomechaniky. Lab. Biomechaniky extrémních zátěží. 2007

39. PALEČEK F. A KOL. *Patofyziologie dýchání*. Academia. 1999 ISBN 80-200-0723-7
40. PIERSON DJ.; DICK NP, PETTY, TL. *Acomparison of spirometric values with subjects in standing and sitting positions*. Chest journal. č. 70. 1976. str. 17-20
41. PŘEVOROVSKÁ, S.; MARŠÍK, F. *Interakce respiračního a kardiovaskulárního systému člověka*. Ústav termomechaniky AV ČR. Praha 2002. ISBN 80-85918-70-6
42. PREVOROVSKA, S.; MARSIK F.; MUSIL J. *Dynamics of cardiovascular and respiratory systems, proceeding of international conference on Biomechanics of man 2002* (JELEN K., KEŠOVÁ S., CHALUPOVÁ M., OTÁHAL J.). Charles University. 2002. ISBN 80-86317-23-4
43. RAŠEV, E. *Škola zad*. Direkta spol. s.r.o.. Praha. 1992
44. RYCHNOVSKÝ, T; PIVEC, M. *Záznam z přednášky „Hluboký stabilizační systém“*. 2.lékařská fakulta. 2007
45. SANNA, A. KOL. *Chest wall kinematics and respiratory muscle action in walking healthy humus*. Journal of Applied Physiology. 1999. č.87. s.938-946
46. SCHOBERTH, H. *Sitzhaltung, Sitzschaden, Sitzmobel*. Berlin : Springer Verlag, 1962
47. SILBERNAGL, S.; DESPOPOULOS A.. *Atlas fyziologie člověka*. Grada Avicenum. 1999
48. SKLÁDAL, J. *Bránice člověka ve světle normální a klinické fyziologie*. Praha : Academia, 1976
49. SMOLÍKOVÁ, L.; MÁČEK M. *Pohybová léčba u plicních chorob*. Praha. 1995
50. SMOLÍKOVÁ, L.; MÁČEK M. *Fyzioterapie a pohybová léčba u chronických plicních onemocněních*. Blue Wings. Praha. 2006
51. STANLEY, G.; VEROTTA, D.; CRAFT, N. *Age effects on interrelationships between lung volume and heart rate during standin*. American Journal of Physiology, Department of Mechanical Engineering. University of California, Berkeley. 1997/3, str. 80-81, ISBN 80-85-623-79-X
52. STEJSKAL, L. *Vliv dechu a polohy na pohyb*. Rehabilitácia. ročník14. Neurochirurgická klinika FVL, KU Praha. 1981
53. TAKAZAKURA, R.; TAKAHASHI M.; NITTA N.; MURATA K. *Diaphragmatic motion in the sitting and supine positions: Healthy subjects*

- study using a vertically open magnetic resonance systém.* Journal of magnetic resonance imaging. 2004. č. 19. str. 605-609
54. TROJAN, S. a kol. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka.* Praha. Grada 1996.
55. TROJAN, S. a kol. *Lékařská fyziologie.* 4. vyd. Praha: Grada Publishing. 2003. ISBN 80-247-0512-5
56. TROOSTER, T.. *Advanced methods in rehabilitation of patients with respiratory disorders.* přednášky z Katholiek Univerzity. Leuven. podzim 2009
57. VALENTA, J.; KONVIČKOVÁ S. *Biomechanika srdečně cévního systému člověka.* vydavatelství ČVUT. 1997, ISBN 80-01-01601-3
58. VALOUCHOVÁ, P. *Kinesiologie dýchání.* Sborník vybraných přednášek z 2. Celostátního symposia spinálních jednotek v Liberci, 6.-7.10.2005. str. 12-15
59. VAŘEKA, I. *Posturální stabilita, Rehabilitace a fyzikální lékařství.* 4. 2002. str.115 - 121
60. VÉLE, F.. *Kineziologie posturálního systému.* Praha : Karolinum, 1995
61. VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi.* Praha: Grada Publishing. 1997
62. VILKE, GM; CHAN TC; NEUMAN T. *Spirometry in normal subjects in sitting, prone and supine positions.* Respiratory Care. 2000. č. 45. str.407-410
63. WANG ,S.; STUART, M. *Links between the mechanics of ventilation and spine stability.* Journal of Applied Biomechanics. 2008. str. 166-174
64. WHITELAW, WA. *Shape and size of human diaphragm in vivo.* Journal of applied physiology. 1987. č. 62. str. 180-186

Internetové zdroje:

65. ANONYM. *Human respiratory mechanics: The biomechanics of the lun. part 1* (biomechanics of respiration). (citace ze dne 4.3.2010). dostupné z internetového zdroje: www.holycross.edu
66. ANONYM. *The Merck Manuals: Online Medical library: Respiratory systém.* (citace ze dne 25.2.10). dostupné z internetového zdroje: www.merck.com
67. ANONYM. *Biomechanika tekutin.* (citace ze dne 29.9.2008), dostupné z internetového zdroje:
http://www.jaderne.info/fileadmin/jinfo/odb_prisp/K_Rov/plice_modely.pdf.
68. ANONYM. *Škola zad.* (citace ze dne 23.2.2010). dostupné z internetového zdroje: <http://www.zdravezidle.cz/index.php>

69. ANONYM. *Studium proudění viskózní kapaliny trubicemi kruhového průřezu.* (citace ze dne 30.9.2008). dostupné z internetového zdroje:
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_103.pdf
70. OTÁHAL, S.; JELEN K. *Biomechanika osového orgánu.* (citace ze dne 2.8.09). dostupné z internetového zdroje:
http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompendium/anatomie/axsystem_hrudnikzaklad.php
71. RAGNARSDÓTTIR, M. *Dýchací pohyby a dýchání zdravých mužů a žen ve věku 20-69 let.* Landspítali UniversityHospital. Reykjavík. Island. (citace dne 5.2.2010). dostupné z internetového zdroje: www.content.karger.com
72. SHIVAPREMANDA S.. *Jóga pro stres.* 1997. (citace ze dne 19.10.09). dostupné z internetového zdroje: www.yogaatwork.co.uk
73. SMOLÍKOVÁ, L.; MÁČEK M. *Pozátěžové astma u výkonnostních sportovců.* *Alergie* 4 (1). 2007. (citace ze dne 18.3.2010). dostupné z internetového zdroje:
<http://www.tigiscz/alergie/>
74. STACKEOVÁ, D. *Psychosomatika.* 2005 (citace ze dne 18.11.09). dostupné z internetového zdroje: <http://www.lirtaps.cz/psychosomatika>
75. STURGESS S. *Kniha jógy.* 1997. (citace ze dne 15.9.09). dostupné z internetového zdroje: www.yogaatwork.co.uk
76. THOMSON D. *Biomechanics of respiration.* (citace ze dne 21.2.10). dostupné z internetového zdroje: www.ouhsc.edu
77. VISHNUDEVANDA S. *Proper breathing.* (citace ze dne 12.2.10). dostupné z internetového zdroje: www.sinavanda.org
78. WIKIPEDIA. *Laminární proudění.* (citace ze dne 29.9.2008). dostupné z internetového zdroje: www.wikipedia.org/wiki/Laminární_proudění

Obrázky:

- Obrázek 1: Znázornění pohybu žeber v costovertebrálním a costotransverzálním skloubení. Levá část obrázku pro dolní žebra, pravá pro horní žebra (převzato z Kapandji, 1974)..... 13
- Obrázek 2: Přehled dýchacích svalů (převzato z www.ouhsc.edu) 14
- Obrázek 3: Reciproční aktivita břišních svalů a bránice (převzato z Kapandji, 1974) .. 17
- Obrázek 4: Řez horními dýchacími cestami (převzato z Paleček 1999) 20

Obrázek 5: Schéma dolních dýchacích cest (převzato z Paleček, 1999)	21
Obrázek 6: Dechové pohyby (převzato z www.ouhsc.edu).....	22
Obrázek 7: Spirometrické parametry (převzato z www.is.muni.cz/elportal)	27
Obrázek 8: Schéma respirace (převzato z Navrátil, Rosina, 2005)	30
Obrázek 9: Vektory elastických sil plic stěny hrudníku v různých úrovních vitální kapacity (převzato z Máček, Smolíková, 2006)	32
Obrázek 10: Laminární proudění (převzato z www.wikipedia.org/wiki/Laminární_proudění)	33
Obrázek 11: Turbulentní proudění (převzato z www.wikipedia.org/wiki/Turbulentní_proudění).....	33
Obrázek 12: Břišní typ dýchání (převzato z Niezgodská, 2007)	35
Obrázek 13: Hrudní typ dýchání (převzato z Niezgodská, 2007).....	36
Obrázek 14: Rozdělení somatotypů dle Hallého, Rostana a Siguida.....	37
Obrázek 15: Rozdělení somatotypů dle Sheldona (převzato z www.eamos.cz).....	38
Obrázek 16: Ukázka měření vsedě	49
Obrázek 17: Ukázka měření ve stoji	50
Obrázek 18: Uložení markerů pro výpočet průmětů hrudníku ve 4 segmentech (červená barva); vlevo pohled zepředu, vpravo zezadu	51
Obrázek 19: Sledovaný průmět hrudníku ve 4 segmentech (červená barva)	52
Obrázek 20: Plocha transverzální roviny v oblasti dolního hrudníku	53
Obrázek 21: Plocha sagitální roviny	54
Obrázek 22: Průběh dýchání u probanda č.1 – 1.minuta, segment dolní hrudník	56
Obrázek 23: Graf průběhu vzdáleností bodů v čase v sagitální rovině	58
Obrázek 24: Graf znázornění průběhu plochy transverzální (horizontální) roviny v čase u probanda č. 1, 1.minuta.....	59
Obrázek 25: : Graf znázornění průběhu sagitální roviny v čase u probanda č. 1, 1.minuta.	60
Obrázek 26: Výdechová křivka	61
Obrázek 27: Všechny výdechové křivky zaznamenané během 1 minuty.....	62
Obrázek 28: Výdechová rychlost.....	63
Obrázek 29: Znázornění dechových výchylek (červená barva) vsedě	68
Obrázek 30: Znázornění dechových výchylek (červená barva) ve stoji.....	69
Obrázek 31: Výdechové křivky sedu a stoje	78