

UNIVERZITA KARLOVA

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Eva Richtrová

MOŽNOSTI HODNOCENÍ RESPIRAČNÍCH PARAMETRŮ
VE FYZIOTERAPII ZA POMOCI MULTIPLE BREATH
WASHOUT

Bakalářská práce

Praha 2017

Autor práce: **Eva Richtrová**

Vedoucí práce: **Mgr. Jana Zelenková**

Oponent práce:

Datum obhajoby: květen **2017**

Bibliografický záznam

RICHTROVÁ, Eva. *Možnosti hodnocení respiračních parametrů ve fyzioterapii za pomoci Multiple Breath Washout*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2017. 71 s. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Jana Zelenková.

Abstrakt

Práce představuje novou metodu Multiple Breath Washout a její možnosti využití při hodnocení dechových parametrů ve fyzioterapii. MBW hodnotí respirační parametry na bázi vyplavování inertního plynu z plic a je využitelná ve všech věkových kategoriích. V teoretické části jsou stručně shrnuty poznatky o respiračním systému a typu funkčního vyšetření plic, kde je popsána spirometrie a větší část je věnována méně známé metodě Multiple Breath Washout.

V praktické části je provedena pilotní studie na dvou pacientkách s diagnózou cystická fibróza. Pacientky absolvovaly vyšetření, měření a půlhodinovou terapii, jejíž efekt byl hodnocen pomocí parametrů naměřených metodou Multiple Breath Washout a spirometrií před a po absolvované terapii.

Záměrem práce bylo také zhodnotit efekt krátkodobé fyzioterapie na pacienty s chronickým respiračním onemocněním.

Klíčová slova

Vícedechové vyplavování inertního plynu z plic, očišťovací index plic, funkční reziduální kapacita, spirometrie, respirační systém, cystická fibróza

Abstract

The thesis presents a new method called Multiple Breath Washout (MBW) and its use in the assessment of breathing parameters in physiotherapy. The MBW evaluates respiratory parameters based on the washout of inert gas from the lungs and is applicable to all age categories. The theoretical part briefly summarizes the findings about the respiratory system and the types of functional lung examination, where spirometry is described and the larger part is devoted to less known method of Multiple Breath Washout.

In the practical part, a preliminary study is carried out on two patients diagnosed with cystic fibrosis. The patients were examined and measured before and after a thirty minutes physiotherapy. The effect was measured by both methods – spirometry and Multiple Breath Washout.

The aim of this thesis is to evaluate of short-term effect of physiotherapy on patients with chronic respiratory diseases.

Keywords

Inert gas Multiple Breath Washout, lung clearance index, functional residual capacity, spirometry, respiratory system, cystic fibrosis

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Jany Zelenkové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze

Eva Richtrová

Poděkování

Ráda bych poděkovala Mgr. Janě Zelenkové za vedení mé bakalářské práce, ochotnou spolupráci a čas, který mi věnovala. Dále děkuji MUDr. Václavovi Kouckému za laskavost a odbornou konzultaci k praktické části této práce. Poděkování patří také pacientkám za jejich ochotu, čas, trpělivost a spolupráci při vyšetřování a měření.

OBSAH

ÚVOD	11
1 PŘEHLED POZNATKŮ	12
1.1 Respirační systém	12
1.1.1 Základy anatomie respiračního systému	12
1.1.2 Mechanismus dýchacích pohybů	14
1.1.3 Fyziologie a patofyziologie respiračního systému	14
1.1.4 Respirační parametry	15
1.1.4.1 Statické plicní objemy	15
1.1.4.2 Statické plicní kapacity	16
1.1.4.3 Dynamické plicní objemy	16
1.1.5 Hyperinflace plic	16
1.1.6 Typy onemocnění respiračního systému	17
1.1.6.1 Restrikční choroby	17
1.1.6.2 Obstrukční choroby	18
1.1.6.3 Příklady diagnóz plicních chorob	18
1.2 Funkční vyšetření plic	22
1.2.1 Spirometrie	22
1.2.2 Multiple breath washout	29
2 CÍLE A HYPOTÉZY	39
3 METODIKA	40
3.1 Měření	40
3.2 Vyšetření – kineziologický rozbor	44
3.3 Terapie	46
3.4 Kazuistiky	47
3.4.1 Výsledky měření	58
4 DISKUZE	61
ZÁVĚR	64
REFERENČNÍ SEZNAM	66
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A PŘÍLOH	69

SEZNAM ZKRATEK

ACT	airway clearance technique
ATB	antibiotická terapie
ATS	American Thoracic Society
C7	sedmý krční obratel
CEV	celkový objem vydechnutého vzduchu
CF	cystická fibróza
CFTR	cystic fibrosis transmembrane conductance regulator
Cl	chlor
cm	centimetr
CO ₂	oxid uhličitý
CR	coefficient of repeatability, koeficient opakovatelnosti
CT	výpočetní tomografie
CTh	cervikothorakální
DKK	dolní končetiny
ERS	Evropská respirační společnost
ERV	expirační rezervní objem
EVC	expirační vitální kapacita
f	dechová frekvence
FEF _{25-75%}	forced expiratory flow, objem usilovného výdechu mezi 25 – 75% FVC
FEV ₁	jednovteřinová vitální kapacita
FEV _t	forced expiratory volume, objem usilovného výdechu za čas
FNM	Fakultní nemocnice Motol
FRC	funkční reziduální kapacita

FT	fyzioterapie
FVC	usilovná vitální kapacita
He	helium
HFCWO	high-frequency chest wall oscillation
HKK	horní končetiny
HSSP	hluboký stabilizační systém páteře
CHOPN	chronická obstrukční plicní nemoc
IC	inspirační kapacita
IRV	inspirační rezervní objem
IVC	inspirační vitální kapacita
kg	kilogram
L	bederní
l	litry
L5	pátý bederní obratel
LCI	lung clearance index, očišťovací index plic
MBW	multiple breath washout
MEF ₅₀	střední výdechová rychlost
MMV	maximální minutová ventilace
N ₂	dusík
NaCl	chlorid sodný
NO	nynější onemocnění
O ₂	kyslík
OA	osobní anamnéza
ORL	otorhinolaryngologie

PD	porodní délka
PEF	usilovná výdechová rychlost
PEP	positive expiratory pressure
PH	porodní hmotnost
RA	rodinná anamnéza
RHB	rehabilitace
RV	reziduální objem
s	sekundy
SA	sociální anamnéza
SF ₆	hexafluorid síry
SVC	pomalá vitální kapacita
t	čas
Th	hrudní
TLC	celková plicní kapacita
UZ	ultrazvuk
VC	vitální kapacita
V _D	mrtvý prostor
V _E	minutová ventilace plic
V _T	dechový objem
W	watt

ÚVOD

Respirace patří k základním životním funkcím a jakékoliv její omezení snižuje kvalitu plnohodnotného života. Pro posuzování správné funkce respiračního systému je nejrozšířenější metodou spirometrie. Když jsou podle spirometrie hodnoty respiračních parametrů v normě, ne vždy to znamená, že jsou plicní funkce stoprocentní. Spirometrie je zaměřena zejména na hodnocení průtoku a nepřímo i odporu dýchacích cest, k čemuž nejvíce přispívají velké dýchací cesty. Narůstající plochou celkového průřezu dýchacích cest směrem k periferii klesá jejich podíl na celkovém odporu dýchacích cest. To způsobuje relativně malou citlivost spirometrie k zhodnocení stavu a postižení periferních cest dýchacích. Proto byly vyvinuty přístroje umožňující provedení testu vícedechového vyplavování inertního plynu z plic, který je schopen určit především stav periferních dýchacích cest.

Tato práce má za cíl představit metodu Multiple Breath Washout a její využití i ve fyzioterapii. Je rozdělena na dvě hlavní části, teoretickou a praktickou. Začátek teoretické části je věnován stručnému popisu respiračního systému, jeho anatomii, fyziologii, patofyziologii, jsou zde zmíněné i respirační parametry a typy onemocnění respiračního systému. Ve druhé části jsou popsána funkční vyšetření plic pomocí spirometrie a méně známou metodou „Multiple Breath Washout“. Zmíněné jsou i studie popisující možnost využití ve fyzioterapii. Praktická část je tvořena pilotní studií ve formě kazuistik dvou pacientek s cystickou fibrózou. Nejprve popisuje vyšetření a měření vybraných probandů, dále způsob terapie a výsledky měření. Studie hodnotí krátkodobý efekt půlhodinové terapie na respirační parametry pacientek s cystickou fibrózou. Podnětem byla německá studie prováděná Fuchs et al. v roce 2010, která zjistila, že krátkodobý účinek fyzioterapie nemá vliv na výsledné měření plicních funkcí u pacientů s cystickou fibrózou. Cílem práce je zjistit, zda opravdu nedojde ke změně parametrů i po krátké fyzioterapeutické intervenci u pacientů s chronickým onemocněním plic, popř. k jakým změnám dojde ve spirometrií hodnocených parametrech a v parametrech měřených za pomoci Multiple Breath Washout.

1 PŘEHLED POZNATKŮ

1.1 Respirační systém

Respirační systém slouží k výměně plynů mezi vzduchem a krví, fonaci, regulaci acidobazické rovnováhy a vylučování látek. Počítáme k němu nejen plíce s plicním oběhem a dýchací cesty, ale i struktury umožňující jejich funkci, tj. hrudník, dýchací svaly a odpovídající část nervového systému. (Hudák et al, 2013)

1.1.1 Základy anatomie respiračního systému

Z anatomického i klinického hlediska můžeme dýchací systém rozdělit na horní cesty dýchací, zahrnující dutinu nosní, paranasální dutiny a nasopharynx (nosohltan), a dolní cesty dýchací, jež se člení na larynx (hrtan), tracheu (průdušnici), bronchy (průdušky) a plíce. Průdušky, vznikající rozdělením průdušnice, se v plicích dále dělí na bronchioly (průdušinky) a vytváří tzv. arbor bronchialis (průduškový strom). Na bronchioly pak nasedají pulmonální alveoly, které jsou místem převodu kyslíku do krve. (Čihák, 2002)

Plicní laloky lze rozdělit na plicní segmenty. Každý segment je ventilován jedním bronchem a vyživován jednou větví plicní tepny. Členění plic však není na povrchu patrné, protože plicní parenchym zůstává spojen vazivem. (Dylevský, 2000)

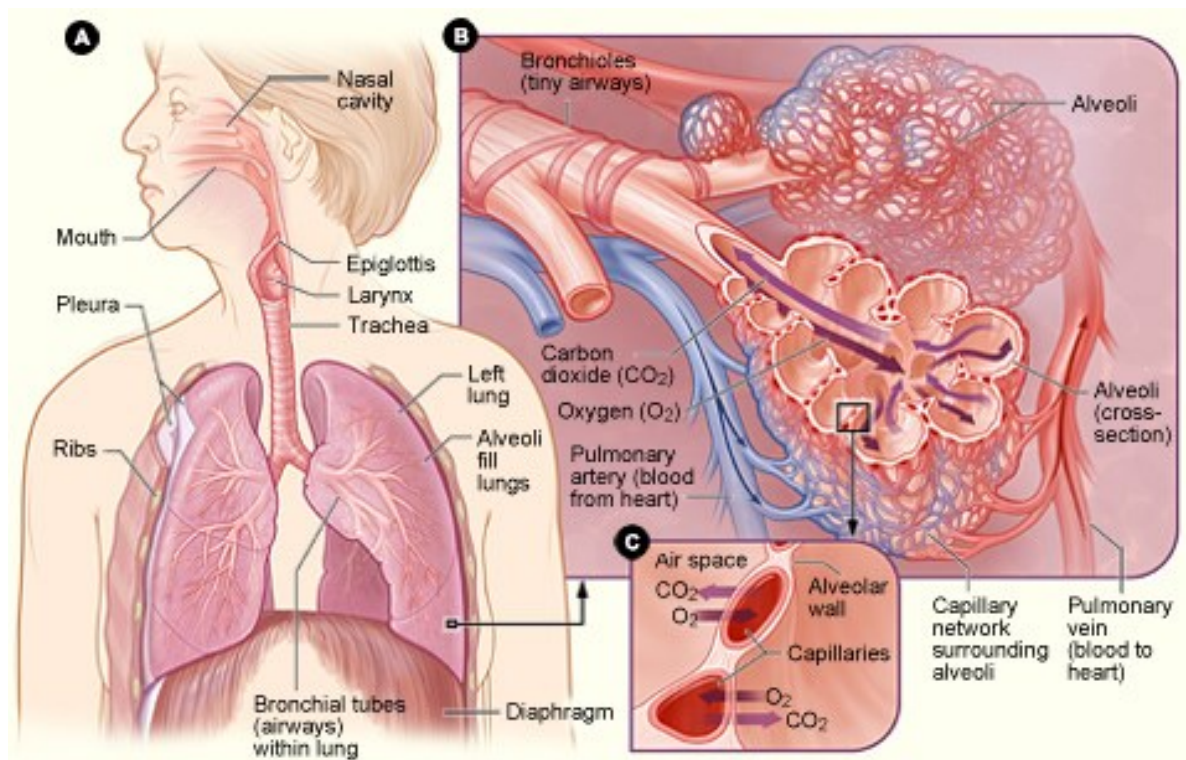
Stěna dýchacích cest je vyztužena chrupavkami a elastickými vlákny, která zajišťují pružnost a brání kolapsu dýchacích cest. Bronchiální strom se větví dále uvnitř plic a postupně se tak s průsvitem průdušek redukuje i jejich stěna. Sliznice je kryta řasinkovým epitelem, který se směrem do periferie snižuje až na jednovrstevný cylindrický. (Hudák et al., 2013)

Bronchy – stěny bronchů vyztužují chrupavčité prstence zajišťující průchodnost bronchů při různých tlakových změnách hrudníku. Mukóza (sliznice) je kryta víceřadým cylindrickým epitelem s řasinkami, mezi buňkami epitelu jsou vtroušeny hlenotvorné pohárkové buňky.

Vnitřně od prstenců se ve sliznici nachází vrstva hladké svaloviny, jejíž kontrakce může zúžit průsvit bronchů nezávisle na chrupavčitých prstencích.

Bronchioly – stěna je tvořena převážně mukózou a vrstvou vaziva se snopečky hladkého svalu. Chrupavčité prstence zde zcela chybí.

Alveoly – sestávají se ze sítě jemných vazivových vláken, mezi nimiž probíhají pleteně krevních kapilár. Vnitřní stranu alveolu pokrývá tenká vrstva respiračního epitelu z plochých buněk. Zde probíhá transport molekul z lumen alveolu do krve v kapilárách a naopak. (Čihák, 2002; Dylevský, 2000)



Obr.č.1: Respirační systém: **A.** průběh dýchacích cest v organismu člověka; **B.** Detailní zobrazení alveolu, průřez alveolem; **C.** Schématické znázornění výměny plynů mezi alveolem a kapilárou.

(Zdroj obrázku: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hlw/system>)

Jednou z významných funkcí průdušek je samočisticí funkce. Hlen secernovaný ve stěně průdušek nejen svlažuje, ale i chrání sliznici průdušek a fixuje škodlivé látky, které člověk denně vdechuje. Pomalý peristaltický pohyb průdušek a pohyb řasinek bronchiálního epitelu zajišťuje odstraňování hlenu a škodlivin. Překročí-li množství vznikajícího sekretu cca 150ml/24hod nebo dojde-li k hromadění sekretu pro nedostatečnou funkci řasinkového epitelu, objevuje se kašel jako podstatně účinnější

forma odstraňování obsahu z dolních cest dýchacích. (National Heart Lung and Blood Institute, ©2012)

1.1.2 Mechanismus dýchacích pohybů

Nádech (inspirium) je aktivní děj, při němž se hrudník rozšiřuje dopředu a do stran pomocí dýchacích svalů. Výdech (expirium) je při běžné zátěži děj pasivní, při němž dochází ke zmenšování objemu plic jejich vlastní elasticitou. Při usilovném výdechu se zapojují expirační svaly. Inspirační svaly se upínají na žebra shora a zdvihají je, zatímco expirační, upínající se zdola, je stahují. (Čihák, 2002)

Plíce jsou v rámci mechanismu dýchacích pohybů pasivní orgán, který mění svůj objem na základě změn tlaku a objemu hrudníku.

Hlavním inspiračním neboli nádechovým svalem je bránice. Mezi pomocné nádechové svaly patří na krku: *mm. scaleni*, *m. sternocleidomastoideus*, *mm. suprahyoidei et infrahyoidei*; na hrudníku: *m. pectoralis major et minor*, *mm. intercostales externi*, *m. subclavius*, *m. serratus anterior*, *mm. levatores costarum* a na zádech: *m. latissimus dorsi*, *m. trapezius (pars ascendens)*, *m. levator scapulae*, *m. serratus posterior superior et inferior*. (Hudák et al., 2013)

Mezi expirační svaly při usilovném výdechu patří: *mm. intercostales interni et intimi* a *mm. subcostales* na hrudníku a svaly tvořící břišní lis, což znamená všechny břišní svaly a svaly pánevního dna. (Čihák, 2002)

1.1.3 Fyziologie a patofyziologie respiračního systému

Dýchání neboli respirace je souhrn pochodů sloužících k výměně plynů, tj. především příjmu O₂ a odstranění CO₂. Výměna O₂ a CO₂ v plicích mezi alveolárním vzduchem a krví plicních kapilár se nazývá zevním dýcháním, výměna ve tkáních, tj. mezi krví kapilár, intersticiální tekutinou a buňkami pak představuje vnitřní neboli tkáňové dýchání. (Teřl, 2004)

Zevní dýchání se dělí do čtyř základních procesů – plicní ventilace, distribuce, difuze a perfuze. Respirační onemocnění vždy pak souvisí s postižením jednoho nebo více z těchto čtyř procesů. (Trojan, 2003)

Ventilace představuje proces zajišťující výměnu plynů mezi zevní atmosférou a alveolokapilární plochou sklípků. Minutová ventilace je fyziologický parametr, který

kolísá v závislosti na zátěži. Jedná se o objem vdechovaného nebo vydechovaného vzduchu za jednu minutu. Dá se orientačně vypočítat součinem dechového objemu (V_T) a dechové frekvence (f). (Teřl, 2004)

Při distribuci dochází k promíchání vdechnutého vzduchu se vzduchem, který zůstal v dýchacích cestách a v plicích po předchozím výdechu. V horních a dolních dýchacích cestách (včetně bronchiolů) není přítomen respirační epitel, tudíž v nich nemůže docházet k výměně plynů. Tento prostor se nazývá „mrtvý prostor“ (V_D). (Trojan, 2003)

Difuzi lze definovat jako pohyb molekul z oblastí s vyšší koncentrací příslušné látky do oblastí s nižší koncentrací a s tendencí eliminovat tyto rozdíly jejich přesunem. Jedná se o biologicky pasivní proces nevyžadující přísun energie. K výměně plynů (O_2 a CO_2) dochází v plicních sklípcích (alveolech). Kyslík přechází z alveolárního vzduchu do kapilární krve a oxid uhličitý pak opačným směrem z krve do plicních alveolů. (Teřl, 2004, Trojan, 2003)

Perfuze je průtok krve plicními kapilárami. Je důležitá pro udržování tlakového gradientu pro kyslík a oxid uhličitý. (Teřl, 2004)

1.1.4 Respirační parametry

Respirační parametry se hodnotí spirometry a dělí se na statické a dynamické. Pomocí statických parametrů se určuje velikost alveolárního prostoru a informují nás o případných restričních poruchách plic. Dynamické parametry zaznamenávají proudění vzduchu v dýchacích cestách. Můžeme díky nim odhalit obstrukční poruchy respiračního systému. (Kittnar, 2011)

1.1.4.1 Statické plicní objemy

Při klidovém dýchání přejde do plic jedním dechem asi 0,5 l vzduchu. Jedná se o tzv. dechový objem, značený V_T . Jeho součástí je mrtvý prostor, který se nepodílí přímo na výměně dýchacích plynů. Nazývá se „anatomický mrtvý dýchací prostor“ a u průměrného mladého člověka činí 150-200 ml. To znamená, že do alveolů se z každého vdechnutého půl litru dostane pouhých cca 350 ml vzduchu a zbytek zůstává v dýchacích cestách. Pokud se zvýší objem vzduchu v alveolech, kde může dojít k poruše výměny dýchacích plynů z důvodu poruchy perfuze nebo nedostatečné difuze přes alveolo-

kapolární membránu, zvýší se velikost mrtvého prostoru. Jedná se pak o funkční neboli fyziologický mrtvý dýchací prostor. Po ukončení klidného nádechu jsou plíce ještě schopné pojmout další cca 3 litry vzduchu, nazvaný rezervní inspirační objem (IRV). Stejně tak je možné pokračovat i ve výdechu a vydechnout tak dalších asi 1,1 litrů vzduchu – rezervní expirační objem (ERV). Ani poté však plíce nezůstanou prázdné, jejich tzv. reziduální objem (RV) činí u dospělého jedince cca 1,2 litrů vzduchu. (Trojan, 2003)

1.1.4.2 Statické plicní kapacity

Plicní kapacity se skládají z výše uvedených plicních objemů. Součtem dechového objemu a inspiračního a expiračního rezervního objemu získáme množství vzduchu, které můžeme po maximálním nádechu úsilím vydechnout. Tento parametr se nazývá vitální kapacita a značí se VC. Přičtením reziduálního objemu k vitální kapacitě získáme celkovou plicní kapacitu (TLC). Po skončení klidného výdechu zůstane v plicích množství vzduchu tzv. funkční reziduální kapacita (FRC). (Kittnar, 2011)

1.1.4.3 Dynamické plicní objemy

Důležité pro výměnu plynů mezi organismem a vnějším prostředím jsou také objemy vzduchu, které ventilují plíce za časovou jednotku. Naměřené množství vzduchu vydechnuté za jednu minutu se nazývá minutová ventilace plic, značená V_E . V klidu činí u dospělého jedince asi 8 litrů za minutu. Největší možné množství vzduchu, které může být v plicích vyměněno za minutu, se nazývá maximální minutová ventilace (MMV, V_{max}) a má hodnotu 125-170 l/min. Dále se měří maximální vydechnuté množství vzduchu za 1 vteřinu – jednovteřinová vitální kapacita (FEV_1). (Trojan, 2003)

Uvedené hodnoty parametrů jsou pouze orientační, konkrétní hodnoty jsou závislé na výšce, hmotnosti, věku, pohlaví, trénovanosti a zdravotním stavu jednotlivce.

1.1.5 Hyperinflace plic

Jedná se o patologickou redistribuci statických plicních objemů a dělí se na statickou a dynamickou. Statická je charakterizována zvýšeným reziduálním objemem na úkor vitální kapacity. Znamená to, že je zmenšen plicní objem a zvětšen reziduální plicní objem, který se neúčastní plynové výměny. Statická hyperinflace plic má za důsledek

menší inspirační kapacitu, vyšší dechovou frekvenci s malými dechovými objemy a zátěžovou, někdy i klidovou dušnost. Vzniká následkem dlouhodobé patologické změny funkčních poměrů, jako například obstrukce periferních dýchacích cest či výrazná deformita hrudníku. U dynamické hyperinflace je subakutně zvýšená hodnota funkční reziduální kapacity vzhledem k inspirační kapacitě. Může vzniknout například během astmatického záchvatu nebo bronchokonstrikčního testu. Pacient s dynamickou hyperinflací má na konci klidového výdechu více vzduchu v plicích než za normálních podmínek. Nejčastěji to bývá způsobené bronchiální reaktivitou. (Šulc, 2009)

1.1.6 Typy onemocnění respiračního systému

Typů onemocnění respiračního systému je několik a vznikají z různých příčin. Jednou z nich je vliv genetických faktorů, týkající se např. cystické fibrózy. Dalšími důvody mohou být anatomické abnormality dýchacích cest, nevyzrálost imunitního systému a v neposlední řadě má velký vliv na respirační systém zevní prostředí (infekce, oslabení organismu změnami teplot, kouření atp.).

Náchylnější patologiím jsou malé dýchací cesty, vzhledem k jejich velikosti. Mohou se zde usazovat vdechnuté malé částice a patogeny a tím se zvyšuje citlivost k ucpání a patologickým změnám. (National Heart, Lung and Blood Institute, ©2012)

Podle typu se dělí na:

1.1.6.1 Restrikční choroby

O restrikčním plicním onemocněním hovoříme při anatomické nebo funkční ztrátě plicní tkáně nebo při omezených dýchacích pohybech. K anatomické ztrátě dochází např. při odstranění nebo vytlačení plicní tkáně či následkem atelektázy. Funkční ztráta nastává např. při edému plic či zánětu. (Silbernagl, 2012)

Restrikce může mít dva původy – extrathorakální a intrathorakální. Extrathorakální restrikce je způsobena např. poruchou růstu hrudníku, kdy je plicní pružnost v normě. Zatímco u intrathorakálního původu restrikce je pružnost plic snižena. Plice bývají velikostně výrazně menší než průměrná referenční hodnota. (Šulc, 2009)

Pro detekci restrikční funkční plicní poruchy nestačí pouze zjištění snížené hodnoty vitální kapacity plic, ale i funkční reziduální kapacity a difuzní kapacity a poddajnosti plic. (Silbernagl, 2012)

1.1.6.2 *Obstrukční choroby*

Aby se vzduch dostal do alveolů, musí překonat odpor kladený dýchacími cestami. Ten je určován průsvitem trubic dýchacích cest. Dojde-li ke zvýšení rezistence dýchacích cest, hovoříme pak o obstrukčních plicních onemocněních. (Šulc 2009)

Vzestup rezistence intrathorakálně většinou spočívá v zúžení, resp. ucpání bronchů. To může být způsobeno útlakem zvenčí, kontrakcí bronchiální svaloviny, ztluštěním sliznice vystylající dýchací cesty nebo ucpáním lumina hlenem. Může dojít i k extrathorakálnímu zvýšení rezistence např. u ochrnutí hlasových vazů, edému glotidy nebo komprese trachey zvenčí. (Silbernagl, 2012)

Následkem obstrukčních plicních chorob je omezená ventilace. U překážek extrathorakálních je zhoršen převážně nádech a intrathorakální překážky omezují převážně výdech. Dochází k abnormálnímu snížení hodnoty maximální výdechové rychlosti. Podle míry poklesu se hodnotí závažnost obstrukční poruchy. (Šulc, 2009)

1.1.6.3 *Příklady diagnóz plicních chorob*

Chronická bronchitida

Definicí je přítomnost produktivního kašle po dobu nejméně tří měsíců v jednom roce, minimálně dva roky po sobě. Pro pacienta je rozhodující, zda je bronchitida provázena obstrukcí dýchacích cest. Vyvolávající faktory mohou být různé. Mezi vnější vlivy patří opakované respirační infekce, pracovní prostředí, znečištěné ovzduší a kouření. Vliv mají i vnitřní faktory jako věk pacienta, pohlaví a genetické dispozice. Společným znakem je podráždění dýchacích cest s následným rozvojem zánětlivé reakce. (Navrátil, 2008)

Emfyzém

Emfyzém neboli rozedma plic je ireverzibilní roztažení dýchacích cest distálně od bronchiolů s destrukcí alveolární stěny. Vznikají tak tenkostěnné dutiny vyplněné vzduchem, tzv. buly. Spolu s destrukcí stěny alveolů dojde k destrukci kapilárního řečiště. Plíce ztrácejí pružnost, což vede ke zvýšení odporu ve výdechu a drobné bronchioly ztrátou elasticity kolabují. Tím se zmenší celkový povrch k výměně plynů, což vede ke snížení hodnot difuzní kapacity plic. (Silbernagl, 2012)

Chronická obstrukční plicní nemoc

CHOPN je charakterizována obstrukcí dýchacích cest, která má progredující charakter a není plně reverzibilní. Zahrnuje chronickou bronchitidu a emfyzém. Hlavními projevy jsou narůstající dechové obtíže, zejména ztížený výdech a pokles výdechové rychlosti, doprovázené produktivním kašlem. CHOPN může být způsobena jak vnitřními vlivy (genetické faktory, bronchiální hyperreaktivita a růst plic), tak vnějšími faktory (cigaretový kouř, znečištěné ovzduší, špatné pracovní podmínky – prach, chemikálie, strava, infekce atp.). (Šulc, 2009)

Astma bronchiale

Astma je chronické zánětlivé onemocnění spojené s bronchiální hyperreaktivitou, manifestující se záchvatovitou obstrukcí dýchacích cest, která je reverzibilní buďto spontánně, nebo vlivem terapie. Nadměrná dráždivost průdušek významně ovlivňuje projevy řady vlivů, které by samy o sobě nebyly schopny onemocnění vyvolat. Ke vzniku astmatu přispívá kombinace řady vlivů včetně vrozené dispozice. Induktory dokáží navodit zánět průduškové stěny. Jsou to různé alergeny, virové infekce a některé fyzikálně-chemické škodliviny. Triggery jsou vlivy, které samy o sobě onemocnění nevyvolají, ale dokáží stav vystupňovat až do akutního bronchospasmu. Jsou jimi emoce, tělesná námaha, znečištění zevního prostředí včetně kouření, dráždivé plyny apod. (Navrátil, 2008)

Bronchiektázie

Jedná se o trvalou dilataci bronchů a bronchiolů obvykle provázenou opakovanými záněty. Dochází k poškozování svalových a elastických vrstev dýchacích cest. Bronchiektázie dělíme na vrozené a získané. Příčinou vzniku vrozených bronchiektázií je neschopnost řasinek v respiračním epitelu zajistit transport hlenu, čímž dochází k jeho stagnaci v průduškách. Podkladem vzniku získaných jsou nejčastěji bronchiolitidy a pneumonie v raném dětství. Klinický projev bývá spojen s chronickým kašlem a tvorbou hlenu převážně v ranních hodinách. (Navrátil, 2008)

Cystická fibróza

CF je geneticky podmíněné, multisystémové onemocnění postihující převážně dýchací a zažívací systém. Jedná se o autozomálně recesivní onemocnění způsobené mutacemi v genu CFTR. Nepřítomnost funkčního CFTR vede k produkci potu s vysokým obsahem soli a sekreci hlenu s abnormální viskozitou, vedoucí k městnání, obstrukci a bronchiální infekci. Hustší hlen omezuje čistící schopnost mukociliárního aparátu a respirační trakt je díky tomu více náchylný k infekcím. Nejčastější forma CF je spojena s problémy respiračního systému a zažívacími obtížemi. Léčba je převážně symptomatická založená na dennodenní inhalaci mukolytik, intenzivní celoživotní rehabilitaci (airway clearance techniky), inhalaci antibiotik při respiračních infekcích, dodávce vitaminů a úpravě stravy z důvodu zažívacích obtíží. (Orphanet, 2015)

Pacienti s CF mohou být napadeni řadou nejen bakteriálních patogenů. Nejčastěji jsou napadeni *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Haemophilus influenzae* či *Burkholderia cepacia* komplexem. Zejména *P. aeruginosa* a *B. cepacia* komplex jsou pro pacienty s cystickou fibrózou typické, běžnou populaci téměř nepostihují. Pro pacienty mají nejzávažnější důsledky, při chronickém průběhu totiž významně poškozují dýchací cesty. Kromě bakteriálních infekcí jsou časté také mykotické infekce, zejména *Aspergillus spp.* a *Candida spp.* Zánět u CF pacientů probíhá silněji a je výrazně prolongovaný. Nejzávažnějším důsledkem zánětu je poškození epitelu dýchacích cest a endotelu kapilár. Ne vždy se však zánět může znatelně projevit. Chronický zánět může být i klinicky němý, což znesnadňuje diagnostiku, avšak jeho destruktivní účinek na plicní parenchym přetrvává. Následkem poškození jsou stěny dýchacích cest náchylnější ke kolapsu. Mukociliární aparát nedokáže odstranit vazký hlen a tvoří se hlenové pláty, které způsobují bronchiální obstrukci. Pokud se rozroste a vytvoří hlenovou zátku, dochází k atelektáze neboli neprovzdušnění části plic. (Boucher, 2002; Vávrová et al., 2006)

Na podkladě chronické obstrukce vzniká tzv. „air trapping“, označovaný také jako hyperinflace plic, kdy dochází k zadržování vzduchu pod hlenovými uzávěry a vzniku periferních bul a emfyzému. Kvůli obstrukcím, hyperinflacím a chronickým zánětům dochází k přestavbě plicního parenchymu a stěn dýchacích cest, což vede ke ztrátě elasticity plic a podpoře v rozvoji plicního emfyzému. Velkým rizikem je ruptura emfyzematické buly, kdy nastává pneumothorax. (Paleček et al., 1999)

Postupné poškozování dýchacích cest a zánětlivé změny vedou ve výsledku k respirační insuficienci a následnému respiračnímu selhání. Přestože u pacientů s cystickou fibrózou jsou postižené epiteliální buňky většiny orgánů, nejčastější příčinou nemoci je postižení dýchací soustavy, která vede v 90 % ke smrti. (Vávrová et al., 2006)

1.2 Funkční vyšetření plic

Funkční vyšetření plic patří k základním postupům v určení diferenciální diagnostiky plicních onemocnění a zahrnuje pestrou škálu vyšetřovacích přístrojů a metod. Informuje nás o vlastnostech a funkčnosti plic a dýchacích cest. Stanovuje tíži plicního onemocnění, umožňuje monitoraci průběhu onemocnění a odpovědi na léčbu. (Navrátil, 2008)

1.2.1 Spirometrie

Spirometrie je nejčastěji používaná metoda hodnotící plicní funkce. Měří funkce plic, konkrétně jejich objem a rychlost průtoku vzduchu. Je užitečná při posuzování dechového vzoru, který pomůže odhalit onemocnění jako např. astma bronchiale, plicní fibrózy, cystické fibrózy a chronické obstrukční plicní nemoci. Spirometrie generuje grafy, které vykreslují objem a průtok proudícího vzduchu, přicházejícího a odcházejícího z plic při jednom nádechu a výdechu. (Gold, Koth, 2016)

Samotná spirometrie neurčí diagnózu. (Miller et al., 2005)

Nejdůležitějšími měřenými aspekty spirometrie jsou usilovná vitální kapacita (**FVC** – *forced vital capacity*), což je celkový objem vzduchu vydechnutý usilovným výdechem po maximálním nádechu a jednovteřinová vitální kapacita (**FEV₁** – *forced expiratory volume*), což značí maximální množství vzduchu vydechnuté během jedné vteřiny usilovného výdechu.

Spirometrické měření vyžaduje spolupráci vyšetřovaného jedince s vyšetřujícím. Výsledky měření mohou být ovlivněné jak faktory jednotlivce, tak technickými faktory. (Gold, Koth, 2016)

První standardizace spirometrie byla dána v roce 1979 společností American Thoracic Society (ATS). Po několika úpravách a aktualizacích vyšlo v roce 1993 oficiální prohlášení Evropské respirační společnosti (ERS) o standardizaci spirometrie. (Miller et al., 2005)

FVC a FEV₁

Pro zhodnocení FVC jsou nutné tyto 3 podmínky: 1) maximální nádech; 2) prudký usilovný maximální výdech; a 3) nepřetržitý úplný výdech do konce testu. Vyšetřovaný by měl nadechovat rychle a kompletně z funkční reziduální kapacity (FRC), dýchací trubice, vložená do úst, by měla být utěsněna rty a jazyk by ji neměl ucpávat. Snížení hodnot FEV₁ bylo prokázáno při pomalé inspiraci a/nebo 4-6ti vteřinové pauze v nádechu při celkové kapacitě plic před zahájením výdechu. Je proto důležité, aby byl předcházející nádech rychlý a pauza v plném nádechu byla minimální.

FVC a FEV₁ se měří ze série nejméně tří křivek usilovného výdechu, které nebyly přerušeny kašlem nebo nedostatečným těsněním rtů. Počítač poskytuje okamžitou zpětnou vazbu v podobě grafu, který znázorňuje nadechnutý objem vzduchu (l) za čas (s). (D'Angelo et al., 1993)

Další odvozené indexy:

FEV_t

„Forced expiratory volume“ je maximální objem usilovného výdechu v čase t (s), z pozice maximálního nádechu, vyjádřený v litrech. Malé děti nemusí být schopny prodlouženého výdechu, ale je stále více důkazů, že indexy odvozené z usilovného výdechu po dobu kratší než 1 s mohou mít klinické využití. (Aurora. et al., 2004)

FEF_{25-75%}

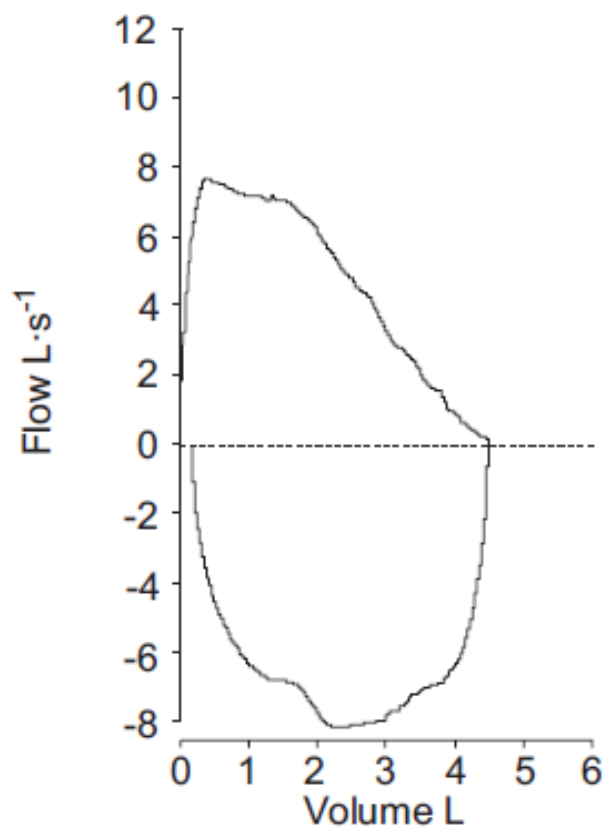
FEF_{25-75%}, neboli „forced expiratory flow“, je objem usilovného výdechu mezi 25% - 75% FVC. Tento index je odvozován z dechu s největším součtem FEV₁ a FVC. Měří se s přesností alespoň $\pm 5\%$ naměřené hodnoty nebo $\pm 0,2$ l/s podle toho, která je vyšší, v rozmezí až 7 l/s. Závisí na platnosti měření FVC a stupni úsilí při výdechu.

PEF

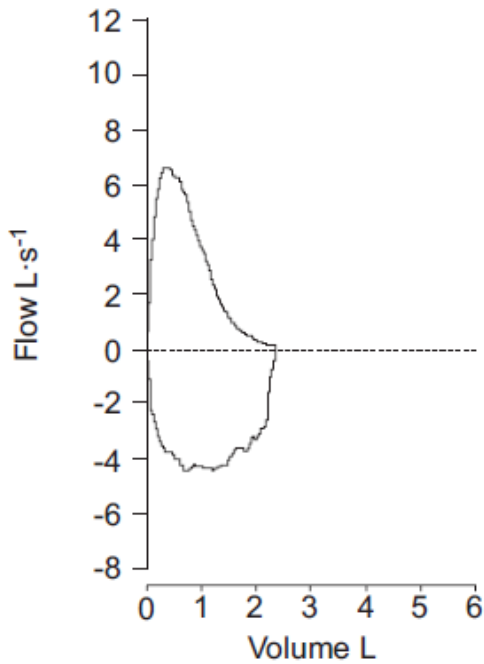
PEF je vrcholová výdechová rychlost, obvykle získaná z křivky „průtok-objem“. Jedná se o maximální výdechový průtok při maximálním usilovném výdechu, vyjádřený v litrech za sekundu (l/s). (Paoletti et al., 1984)

Křivka průtok-objem

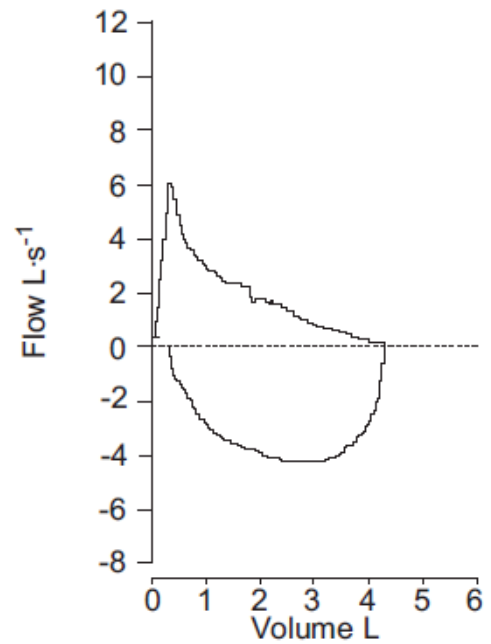
Tato křivka zachycuje rychlost proudícího vzduchu při expiriu či inspiriu v závislosti na objemu plic. Při usilovném výdechu celé VC dosáhne křivka maxima (PEF). Tvar křivky může být užitečný při kontrole kvality a detekci obstrukce horních cest dýchacích. Avšak žádné číselné indexy této křivky nemají klinické využití nadřazené hodnotám FEV₁, FVC, FEF_{25-75%} či PEF. (Miller et al., 2005)



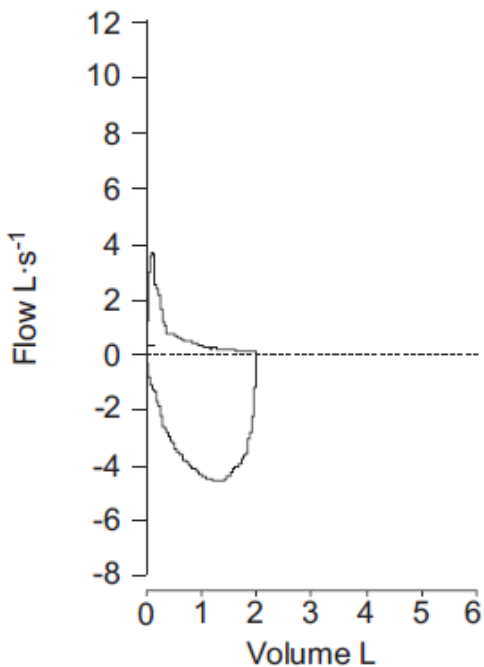
Obr.č.2: Křivka průtok-objem normálního subjektu.



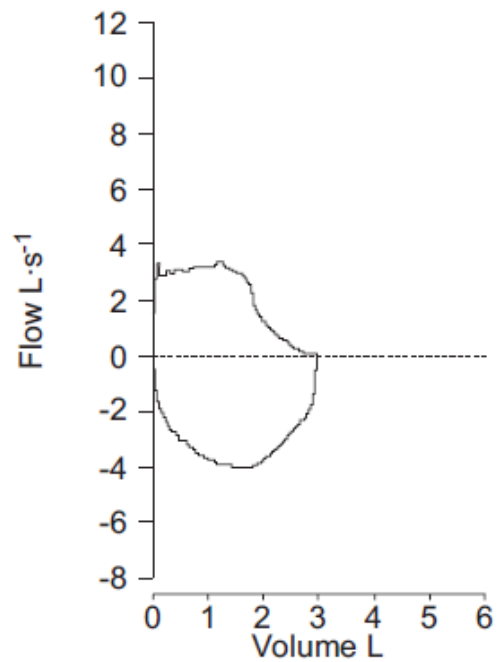
Obr.č.3: Křivka normálního subjektu s koncovou výdechovou křivočarostí, která může být viděna se stárnutím.



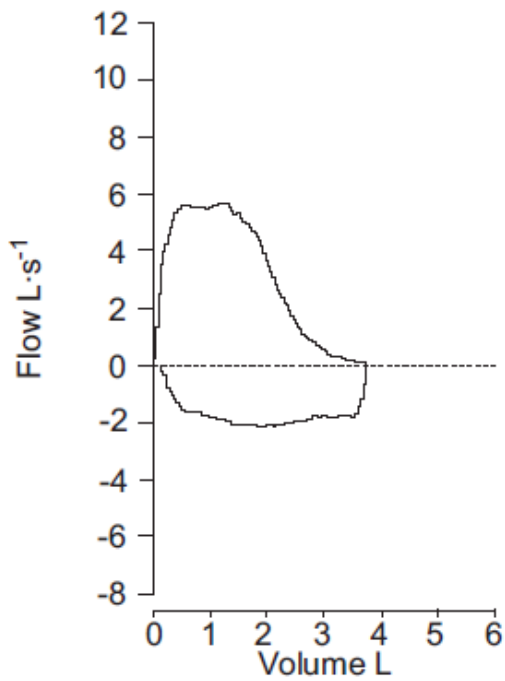
Obr.č.4: Mírná obstrukce u pacienta s astmatem.



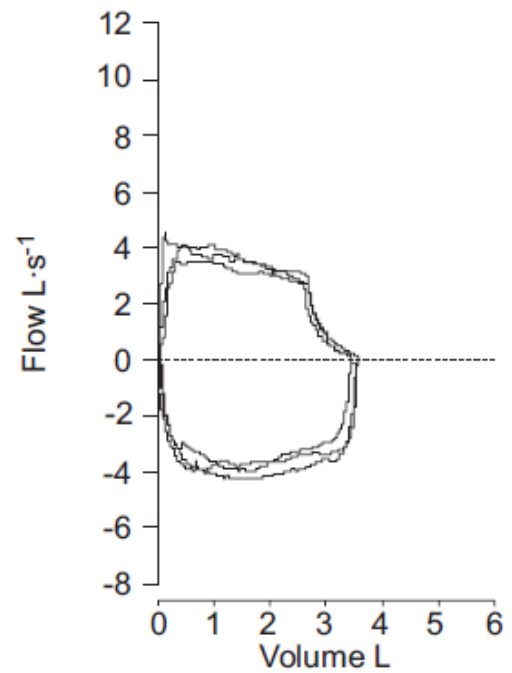
Obr.č.5: Závažné omezení průtoku vzduchu u pacienta s CHOPN.



Obr.č.6: Variabilní vnitřní obstrukce horních cest dýchacích.



Obr.č.7: Variabilní zevní obstrukce
horních cest dýchacích.



Obr.č.8: Fixní obstrukce horních cest
dýchacích znázorněna třemi
manévry.

Zdroj obrázků:
(European Respiratory Journal, ©2005)

VC, EVC a IVC

Vitální kapacita plic (VC) je součet dechového objemu (V_T), inspiračního rezervního objemu (IRV) a expiračního rezervního objemu (ERV), tedy maximálního nádechu a kompletního výdechu, vyjádřena v litrech. Expirační vitální kapacita, zkr. EVC, je maximální objem vydechnutého vzduchu z pozice maximálního nádechu. IVC neboli inspirační vitální kapacita je maximální objem nadechnutého vzduchu po maximálním výdechu. Tyto manévry nejsou usilovné, s výjimkou dosažení hladiny reziduálního objemu (RV) nebo celkové plicní kapacity (TLC), kde už je potřeba dodat úsilí.

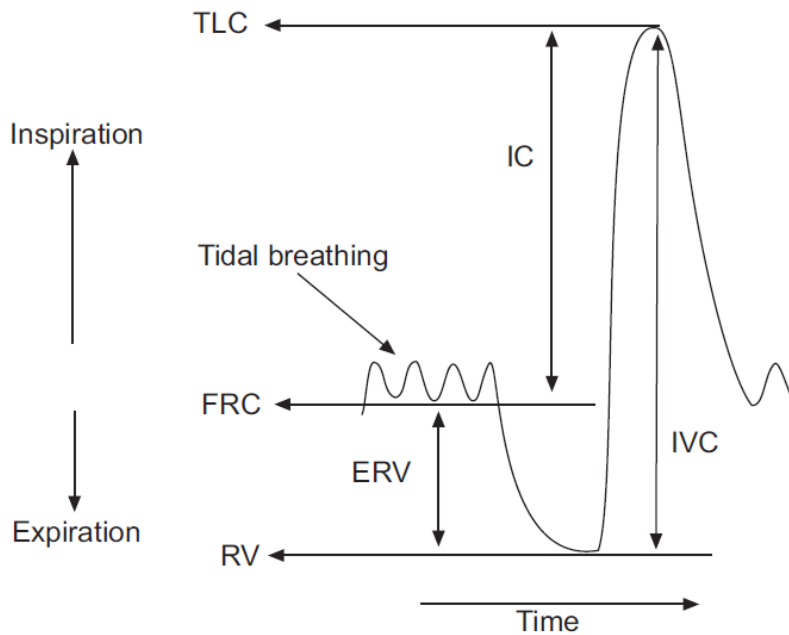
$$VC = V_T + IRV + ERV$$

Reziduální objem, RV, je zbylý objem vzduchu v plicích, který nejsme schopni i přes veškerou snahu vydechnout. Dá se vypočítat odečtením vitální kapacity od celkové kapacity plic. Celková plicní kapacita, TLC, nám určuje celkové množství vzduchu v plicích, včetně reziduálního objemu. Vypočítá se součtem vitální kapacity a reziduálního objemu. (Miller et al., 2005)

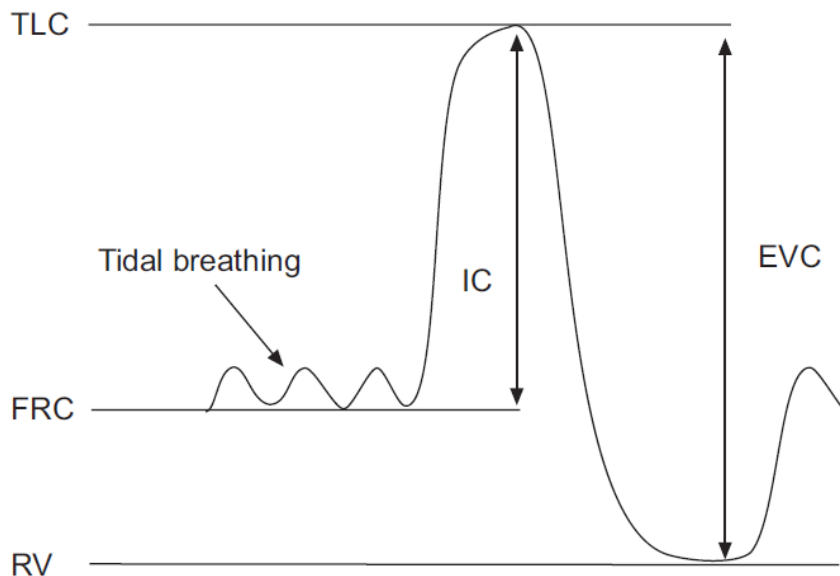
$$TLC = VC + RV \rightarrow RV = TLC - VC$$

IC

Inspirační kapacita (IC) je maximální objem vzduchu, který lze nadechnout z počátečního klidového výdechu. Nepřímo odhaduje stupeň hyperinflace plic a je užitečná k posouzení změn FRC při farmakologických intervencích a fyzické aktivitě. (O'Donnell et al., 1999)



Obr.č.9: Křivka znázorňující klidové dýchání s následným maximálním výdechem až na reziduální objem (RV), po němž následuje plný nádech do celkové kapacity plic (TLC) k zaznamenání inspirační vitální kapacity (IVC) a inspirační kapacity (IC). FRC: funkční reziduální kapacita; ERV: expirační rezervní objem. (Zdroj: European Respiratory Journal, ©2005)



Obr.č.10: Křivka znázorňující klidové dýchání následované maximálním nádechem do celkové kapacity plic (TLC) pro zaznamenání inspirační kapacity (IC) a následný plný výdech k hranici reziduálního objemu (RV) k zaznamenání expirační vitální kapacity (ERV). FRC: funkční reziduální kapacita. (Zdroj: European Respiratory Journal, ©2005)

1.2.2 Multiple breath washout

Multiple breath washout, neboli vícedechové vyplavování, je poměrně dlouho známou metodou ve funkční plicní diagnostice. První publikace jsou již ze 40. a 50. let 20. století od autorů Becklake, Bates, Christie, Rose, Bateman, Darling a dalších. Využití v klinické praxi však bylo technicky náročné a chyběla dostatečná přesnost metody stanovení koncentrace vybraného plynu ve vydechovaném vzduchu. To se podařilo v 90. letech 20. století překonat díky vyvinutí prvních komerčně vyráběných přístrojů, umožňujících provedení testu vícedechového vyplavování inertního plynu z plic. Tyto přístroje se mírně liší principem měření, tudíž poskytují i nepatrně odlišné výsledky. To je v současné době důvodem vynakládaného úsilí o validizaci měření konkrétním přístrojem a vypracování mezinárodně uznaných standardů vyšetření. (Robinson et al., 2009)



Obr.č.11: Přístroj Exhalyzer D od švýcarské firmy Ecomedics.



Obr.č.12: Pro měření pacientů od novorozeneckého věku do 15 kg.



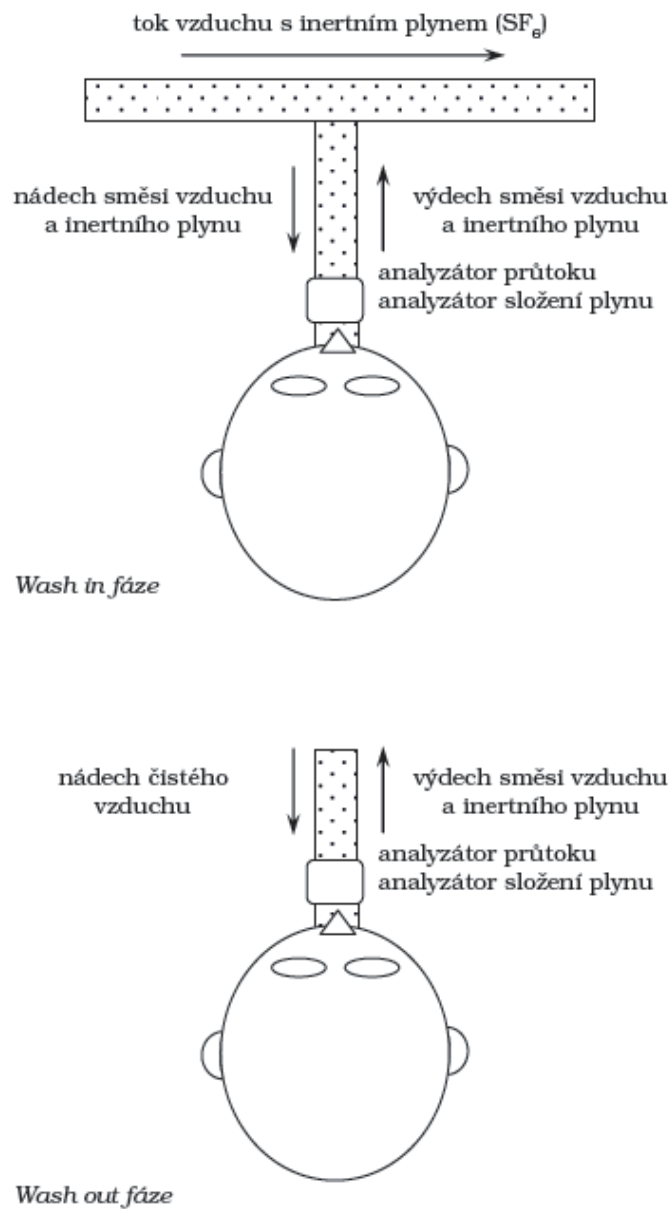
Obr.č.13: Detail náustku přístroje Exhalyzer D.

Princip měření

„Metoda je založena na vyplavování vhodného inertního plynu z plic v průběhu klidového dýchání.“ (Koucký, Pohunek, 2016).

Celý test má dvě fáze – *wash in* a *wash out*. V první fázi se plíce zaplní inertním plynem. Fáze je ukončena tehdy, jakmile se koncentrace inertního plynu ve vdechovaném vzduchu vyrovná koncentraci plynu ve vzduchu vydechovaném, tj. dosáhne rovnovážného stavu. Druhá fáze je fáze vymývání inertního plynu z plic. Konec vyplavování nastane v okamžiku, kdy klesne koncentrace sledovaného plynu na předem stanovenou mez – obvykle 1/40 tzn. 2,5% koncentrace původní. (Koucký, Pohunek, 2016)

Inertní neboli netečné plyny nepodléhají za daných podmínek chemickým reakcím. Mohou být jak exogenní (He, SF₆), tak endogenní (N₂). Lépe validizovanou a déle používanou metodou je použití exogenního inertního plynu SF₆, který není v organismu za běžných okolností přítomen a je minimálně rozpustný v krvi a tkáních. Tato vlastnost nejvíce ovlivňuje hloubku zkreslení výsledků. Problémem je ale zdroj tohoto plynu, který není ve zdravotnictví běžně používán. Dalším omezením v případě užití SF₆ je nutnost provést zmíněnou wash-in fázi, která celý test prodlužuje. V případě využití dusíku jako inertního plynu odpadá fáze wash-in, čímž dojde ke zkrácení testu. Výhodou je také spolehlivější vyplnění tímto inertním plynem špatně ventilované oblasti plic. Pro fázi wash-out je použit 100 % kyslík, který je ve zdravotnických zařízeních běžně k dostání. Vzhledem k rozpustnosti a přítomnosti dusíku ve tkáních však zůstává otázkou jeho „skutečná netečnost“. V průběhu testu totiž může docházet k jeho doplňování z jiných tkání do plic, a tím dojít k nadhodnocení jednotlivých parametrů. Tento fenomén se zdá být významný zejména u kojenců. Proto se doporučuje používat dusíkový MBW test až od 6 měsíců věku. (Robinson et al., 2009)



Obr.č.14: Schematické znázornění průběhu testu vícedechového vyplavování inertního plynu z plic. Na tomto obrázku je použité exogenního inertního plynu (SF_6), který vyžaduje kompletní provedení wash-in a wash-out fáze. (Zdroj: Koucký, Pohunek, 2016)

Měřené parametry metodou MBW:

Lung clearance index

V posledních letech vzrostl zájem o studie lung clearance indexu, neboli „očišťovacího indexu plic“, díky schopnosti časného odhalení onemocnění dýchacích cest. Dalším z důvodů je daleko větší citlivost a snadnější provedení než konvenční funkční vyšetření plic. Právě LCI je považován za známku celkové nehomogenity ventilace. V průběhu testu (wash out fáze) dochází na konci výdechu k poklesu koncentrace inertního plynu. Nehomogenitu ventilace určuje rychlost poklesu. (Horsley, 2009)

Očišťovací index plic (LCI) je určen jako: celkový objem vydechnutého vzduchu během vyplavovací fáze testu (CEV)/ funkční reziduální kapacita (FRC).

Pro vypočítání LCI je vyplavovací fáze ukončena v okamžiku, kdy koncentrace inertního plynu na konci výdechu dosáhne 1/40 původní koncentrace, tzn. 2,5%.

„Lung clearance index udává, kolikrát musí dojít v plicích k výměně objemu vzduchu odpovídajícímu funkční reziduální kapacitě, aby se plíce očistily od daného inertního plynu.“ (Koucký, Pohunek, 2016)

Funkční reziduální kapacita

Tento parametr, získaný metodou MBW, představuje jedinou objemovou veličinu spolehlivě změřitelnou u nespolupracujících dětí. Předpokládá se, že hodnota FRC je při klidovém dýchání dána rovnováhou mezi pružnými vlastnostmi plic a hrudníku. Proto je důležité pro měření klidné a pravidelné dýchání. Změny FRC ve smyslu plus a minus jsou klinicky významné. Hodnota FRC závisí na věku, pohlaví a výšce daného jedince. Na základě dynamiky FRC lze hodnotit růst plic a jeho ovlivnění případným patologickým procesem či iatrogenními zákroky, jako např. operacemi. U dětí po resekčních výkonech, chirurgické korekci brániční hernie a u poměrně vzácných restričních poruch plic se typicky nachází snížená hodnota FRC. Naopak zvýšení hodnoty FRC je poměrně častým nálezem, zejména u dětí s obstrukcí dýchacích cest. Při velkém nárůstu FRC za poměrně krátkou dobu se jedná o fenomén zadržování vzduchu v plicích (air-trapping).

Pro vyplavování dusíku metodou MBW dosud nebyla publikována studie, která by se zabývala referenčními hodnotami. (Koucký, Pohunek, 2016)

Klinické využití

Tím, že nejsou zapotřebí žádné složité respirační manévry, ale měření probíhá při klidovém dýchání, MBW je s výhodou využíván u dětí. V 70. – 80. letech bylo provedeno množství studií porovnávající skupiny lidí s různými respiračními nemocemi. Analyzátor plynů a analýza vyplavovací technologie, používané v těchto studiích, byly po domácku vyrobené a velmi nepřesné. V roce 2003 skupina Švédů popsala využití exogenního inertního plynu, 4 % hexafluorid síry (SF_6). Zjistili, že LCI byl zvýšen u 43 dětí s cystickou fibrózou (CF), ve věku od 3 do 18 let, ve srovnání s 28 zdravými probandy. Důležitější však je, že ukázali větší citlivost LCI než spirometrie tím, že očišťovací index plic byl u 22 z 33 pacientů s CF zvýšen, přičemž hodnoty spirometrie byly v normě. (Horsley, 2009)

V Londýnské dětské nemocnici Great Ormond Street bylo podobným systémem se stejnou technikou potvrzeno švédské zjištění u dětí školního věku a následně byla použita tato technika i u mladších. Výsledky u předškolních dětí, infikovaných bakterií *Pseudomonas aeruginosa*, ukázaly také zvýšený LCI. Stejná skupina měřila očišťovací index plic u novorozenců starých 41 týdnů, kdy došli k výsledkům, že v porovnání zdravých novorozenců byl LCI nižší, než u stejně starých jedinců s CF.

Tyto studie ukázaly, že multiple breath washout může být využit u velkého množství jedinců v klinických studiích, a že LCI je možné spolehlivě a opakovatelně měřit i u novorozenců. (Horsley, 2009)

Dlouhodobé studie, zabývající se očišťovacím indexem plic jsou zvláště důležité při určování, jak LCI sleduje progresi onemocnění. Ve Švýcarsku byla pozorována velká skupina dětí ve věku od 6 do 20 let. 142 dětí s CF absolvovalo alespoň 4 vyšetření plicních funkcí za rok (spirometrii, specifické odpory dýchacích cest a FRC na pletysmografii), kolonizaci

Pseudomonadou aeruginosu a LCI (proveden za použití metody vícedechového vyplavování dusíku z plic). Ukázalo se, že hodnoty LCI se zhoršily nejdříve. Následně pak FEF_{50} , FVC a nakonec FEV_1 .

Očišťovací index plic byl zvýšen u více než poloviny těch, které měly FEV_1 v normě a nadále se zvyšoval spolu s plicní hyperinflací a objemem plynu v plicích,

zatímco FEV₁ se stabilizoval. LCI bylo nejcitlivější měření strukturálních abnormalit plic, zejména air trappingu, pro který měl citlivost 94%. (Horsley, 2009)

Existuje jen málo studií na využitím MBW u dětí s astmatem. Jedna z nich byla provedena Annelies Zwitterloot a spol. Cílem této pilotní studie bylo porovnat LCI u dětí s astmatem a posoudit účinek salbutamolu (bronchodilatátor) změnou LCI. Děti s astmatem mají často normální hodnoty spirometrie, na rozdíl od vážnějších onemocnění plic. Patologie malých dýchacích cest u astmatu může být hodnocena pomocí vícedechového vyplavování inertního plynu (MBW) a výpočtem očišťovacího indexu plic. V rámci studie byli vybráni ambulantní pacienti s astmatem a byli srovnáni se zdravou skupinou probandů. Byla provedena metoda MBW a jako inertní plyn byl použit hexafluorid síry (SF₆). Pacienti byli změřeni pomocí MBW a spirometru dvakrát – před a po použití salbutamolu. U zdravých jedinců bylo provedeno pouze měření MBW. Celkem bylo vybráno 32 dětí s diagnózou Asthma bronchiale, ve věku 4,7-17,4 let a 42 zdravých dětí ve věku 5,3 – 20,8 let. Hodnota LCI se mezi pacienty a zdravými jedinci lišila. Průměrné LCI u pacientů s astmatem bylo 6,48 a u zdravých dětí 6,21. Salbutamol však neprokázal žádný významný vliv na hodnotu LCI. Tyto pilotní data ukazují, že pacienti s klinicky stabilním astmatem a zdraví jedinci mají hodnoty spirometrie v normě. Avšak u pacientů s klinicky stabilním astmatem je LCI výrazně vyšší, což znamená, že metoda MBW může hrát u astmatu roli při posuzování onemocnění malých dýchacích cest. (Zwitterloot, 2014)

Výhody

Hlavním důvodem, proč je měření LCI tak hodnotné, je citlivost již na nepatrné dysfunkce dýchacích cest. Obzvláště citlivost LCI u pacientů s CF může odhalit skrytou plicní patologii, jako třeba obstrukci či zánět malých dýchacích cest. Je vzrůstající zájem o včasnou identifikaci a léčbu plicních chorob, zejména u pacientů s cystickou fibrózou, kde nedostatečná léčba vede k postupnému a nevratnému úpadku.

LCI je ideální pro vyšetření dětí již od narození, nevyžaduje nucené dýchání, pouze dýchání klidové. (Horsley, 2009)

Problémem u ostatních měření malých dýchacích cest, jako je měření středního výdechového průtoku či testy jednodechového vyplavování, je špatná reprodukovatelnost. Zatímco LCI je reprodukovatelný dobře. (Horsley, 2009)

Na rozdíl od spirometrie, LCI není ovlivněn výškou či pohlavím jedince. Protože je odvozen pomocí FRC, rozdíly týkající se fyzické velikosti jsou již vzaty v úvahu, zůstávají pouze účinky směšování plynů. To je zejména důležité pro dlouhodobé studie, zvláště u dětí. (Horsley, 2009)

Nevýhody

Nevýhodou měření je jeho doba trvání, v porovnání se spirometrií. Test trvá daleko déle a při použití jiného inertního plynu, než je dusík, vyžaduje obě fáze měření – wash-in a wash-out. U zdravých dětí, nebo s mírným onemocněním trvá celý proces o něco déle než 5 minut, ale je konvenčně opakovaný třikrát, tudíž celkově zabere kolem 15 minut. U dospělých mohou trvat jednotlivé fáze až dvojnásobně déle. Pro přesné měření je důležité dobré těsnění náustku, což může být pro delší dobu měření náročné udržet. (Horsley, 2009)

Citlivost LCI znamená, že i přes to že se jedná o jednoduchý a vhodný test u pacientů s počínajícím onemocněním dýchacích cest, je mnohem méně informativní a zdlouhavější u pacientů s významnou obstrukcí dýchacích cest. (Horsley, 2009)

Zejména u pacientů s těžkou CF, intervence které ulehčují infekci a zánětu dýchacích cest mohou předčasně otevřít špatně ventilované části plic. Což může ve skutečnosti zvýšit různorodost mezi dobře a špatně ventilovanými oblastmi plic, paradoxně zhoršením LCI. U těchto osob je pravděpodobně spirometrie užitečnějším ukazatelem stavu jejich dýchacích cest. (Horsley, 2009)

Možnosti využití MBW ve fyzioterapii

Metoda MBW, která určuje očišťovací index plic (LCI), je stále více využívána v klinických studiích. U pacientů s chronickým plicním onemocněním by měla být respirační fyzioterapie součástí každodenní péče. O tom, zda může mít respirační fyzioterapie vliv na LCI u pacientů s cystickou fibrózou byla v Německu provedena studie, na které se podíleli Grosse-Onnebrink J., Mellies U., Olivier M., Werner C. a Stehling F.

V rámci studie hodnotili krátkodobý efekt respirační fyzioterapie za pomoci standardizované vysokofrekvenční oscilace hrudní stěny vibrační vestou (highly standardized high-frequency chest wall oscillation – HFCWO) na LCI u pacientů s CF. Ve studii měřili LCI před a ihned po jednom ošetření HFCWO u dvaceti pacientů s CF,

ve věku 7-34 let, hospitalizovaných pro infekční plicní exacerbaci. Pro porovnání vybrali dalších jednadvacet pacientů s CF, ve věku 7-51 let, kteří nebyli léčeni. Vypočítali koeficient opakovatelnosti měření (CR) k odhadnutí klinického významu možného efektu léčby. CR udává biologicky a technicky danou variabilitu měření a ukazuje, v kolik je 95% rozdílů měření. Výsledkem bylo zlepšení (tj. snížení) LCI díky vysoce standardizované vysokofrekvenční oscilaci hrudní stěny, v průměru o 0,9. Hodnota LCI se snížila u 15 hospitalizovaných pacientů z 20, z toho u pěti pacientů překročil pokles očišťovacího indexu plic koeficient opakovatelnosti (2,15), což ukazuje na klinicky významný efekt léčby. U zbylých pěti pacientů z dvaceti se LCI zvýšil, ale nepřesáhl koeficient opakovatelnosti. Ve druhé skupině se LCI významně nezměnil. Došli k závěru, že HFCWO může krátkodobě snižovat očišťovací index plic, ale odpověď na léčbu je různorodá. V dalších studiích, využívající LCI, by mělo být zvaženo načasování fyzioterapie hrudníku ve vztahu k MBW pro možné zkreslení výsledků. (Onnebrink et al., 2017)

Cílem další studie, prováděné v Belgii, bylo zhodnocení krátkodobého účinku techniky autogenní drenáže pomocí standardních funkčních vyšetření plic a lung clearance indexu u pacientů s bronchiektázií.

Měření proběhlo následovně: půl hodiny před autogenní drenáží byli pacienti změřeni za pomoci MBW (na bázi dusíku), spirometrie a celotělové pletysmografie. Pak následovala samotná autogenní drenáž, po ní pětiminutová pauza a opakované měření ve stejném pořadí. Expektorace sputa během autogenní drenáže korelovala se změnami před a po měření. Získané hodnoty před a po měření byly statisticky vyhodnocovány pomocí t testu nebo Wilcoxon signed-rank testu a P-hodnota vyšší nebo rovna 0,05 (5%) byla považována za statisticky významnou. Bylo testováno 24 probandů, z toho 18 žen věkově mezi 21–81 lety. Průměrná hodnota LCI po autogenní drenáži se významně zlepšila. Nicméně pouhých 20 % měřených pacientů s nadprodukcí hlenu během autogenní drenáže mělo průměrnou hodnotu LCI vyšší. Procento předpokládané pomalé vitální kapacity, SVC (=maximální množství vzduchu pomalu vydechované po pomalém maximálním nádechu), se také mírně zlepšilo. Průměrná hodnota LCI byla nepřímo úměrná množství vykašlaného sputa a průměrné hodnotě SVC. Závěrem studie zhodnotili, že u dospělých pacientů s bronchiektázií a hypersekrecí hlenu autogenní drenáž zlepšila nehomogenitu ventilace. Změna LCI může být výsledkem zvýšeného plicního objemu a množství sekrece sputa. (Poncin et al., 2017)

Očišťovací index plic se v rámci studií využívá čím dál více, zejména u pacientů s cystickou fibrózou. V Rakousku se skupina odborníků, A. Pflieger, M. Steinbacher, G. Schwantzer, E. Weinhandl, M. Wagner a E. Eber J, rozhodli posoudit vliv respirační fyzioterapie na nehomogenitu ventilace u klinicky stálých pacientů s CF s různou mírou onemocnění. Vybrali 29 pacientů s CF, v letech od 7 do 43 let, a provedli měření třemi metodami: MBW, pletysmografií a spirometrií. Následovala terapie pod dohledem ve formě třicetiminutové ventilace s PEP maskou a půl hodiny po terapii proběhla opakovaná měření. U pacientů upozorovali po terapeutické intervenci změny hodnot LCI. Před terapií bylo průměrné LCI 15 a po terapii kleslo na 14,80, z toho u sedmi pacientů hodnota očišťovacího indexu plic poklesla a u deseti naopak stoupla (o více než 1). U celé skupiny bylo pozorováno statisticky významné zlepšení v hodnotách usilovně vydechnutého objemu za 1 sekundu (FEV_1), v usilovné vitální kapacity plic (FVC) a u střední výdechové rychlosti (MEF_{50}). Došli k závěru, že otevřením dříve špatně ventilovaných oblastí plic může fyzioterapie buď zvýšit, nebo snížit ventilační nehomogenitu a krátkodobý efekt fyzioterapie na hodnoty LCI je nepředvídatelný. (Pflieger et al., 2015)

Další studie, pocházející z Německa, posuzovala krátkodobý účinek fyzioterapie na variabilitu LCI u dětských pacientů s cystickou fibrózou. Zabývali se otázkou, zda je či není načasování fyzioterapie a MBW standardizováno a je-li potřeba vzít načasování v úvahu při zavádění metody MBW do klinické praxe u pacientů s CF. Dvacet sedm pacientů ze 32 (ve věku 5,7 – 15,9 let) s cystickou fibrózou úspěšně absolvovalo dva technicky přijatelné MBW testy – s EasyOne Pro a MBW Module, v intervalech 1 a půl hodiny. Šestnáct z nich mezitím podstoupilo 30ti minutovou fyzioterapii, zatímco zbylých 11 FT nepodstoupili. V rámci půlhodinové terapie pacienti podstoupili jízdu na trenažéru nebo ergometru, mobilizaci hrudníku a airway clearance technique (flutter nebo PEP). Výsledky vyšly u obou skupin podobně. Průměrná hodnota LCI u skupiny pacientů, kteří podstoupili FT se zvýšila o 0,2, zatímco u skupiny bez FT se snížila o 0,07. Hodnota funkční reziduální kapacity se v průměru zvýšila o 0,02 u pacientů s FT a u skupinky bez FT se zvedla o 0,01. Závěrem studie došli k názoru, že neexistuje žádný konzistentní krátkodobý účinek FT na funkci plic u pacientů s CF a načasování fyzioterapie ve vztahu k MBW nemá vliv na výsledné měření. (Fuchs et al., 2010)

2 CÍLE A HYPOTÉZY

Metoda Multiple Breath Washout je málo známou novou metodou plicní funkční diagnostiky, využitelnou ve všech věkových kategoriích. Cílem teoretické části je představit tuto metodu, kterou můžeme mimo jiné využít i ve fyzioterapii pro posouzení efektu terapie.

Záměrem praktické části je zhodnotit účinek terapie případnou změnou respiračních parametrů, naměřených před a po terapii metodou MBW a spirometrem, u pacientů s chronickým onemocněním plic. Výsledky studie Fuchs et al., z roku 2010, tvrdí, že fyzioterapie nemá krátkodobě značný vliv na hodnoty respiračních parametrů u pacientů s cystickou fibrózou. Cílem této práce je zjistit, zdali se objeví nějaké změny v hodnotách respiračních parametrů u vybraných pacientek s cystickou fibrózou, které podstoupily podobnou formu terapie, jako ve zmíněné studii.

Dalším záměrem práce je v praktické části porovnat výsledky plicních funkcí naměřené spirometrem a metodou MBW a zhodnotit, zda při normálních hodnotách spirometrie budou i hodnoty naměřené metodou vícedechového vyplavování inertního plynu fyziologické.

Na základě doposud zjištěných teoretických a klinických poznatků byly stanoveny následující hypotézy:

1. Krátkodobá fyzioterapeutická intervence nebude mít vliv na parametry hodnocené metodou MBW ($LCI_{2,5}$, FRC).
2. Krátkodobá fyzioterapeutická intervence nebude mít vliv na parametry hodnocené spirometrií (FVC, FEV_1 , MEF_{25} , MEF_{75}).
3. U krátkodobé fyzioterapeutické intervence nedojde k ovlivnění hodnot respirační amplitudy, měřené ve čtyřech rovinách před a po terapii.
4. U krátkodobé fyzioterapeutické intervence nedojde k ovlivnění výsledků měření rozvíjení páteře.
5. 2. pacientka s cystickou fibrózou měla výsledné hodnoty spirometrie v normě. Bude mít hodnoty naměřené metodou MBW srovnatelné se zdravými jedinci.

3 METODIKA

Pro kazuistiku byly vybrány dvě pacientky s diagnózou cystická fibróza. Zvolenou terapeutickou metodu jsem se inspirovala studií Fuchs et al. (2010), která hodnotila efekt fyzioterapie na proměnlivost hodnoty LCI u dětí s cystickou fibrózou.

Vyšetření proběhlo v ordinaci pediatrické kliniky FN Motol. U vybraných pacientek proběhlo vyšetření, odběr anamnestických dat a byl proveden kineziologický rozbor. V rámci měření absolvovaly „předterapeutické“ měření respiračních parametrů metodou MBW a spirometrem, následovala půlhodinová terapie, která zahrnovala desetiminutovou jízdu na ergometru se zátěží 1 W/kg, mobilizaci hrudníku včetně ošetření měkkých tkání a protažení fascií a byla zakončena pěti minutami airway clearance technique s pomocí PARI O-PEP. Po terapii proběhlo druhé měření respiračních parametrů pro srovnání a zhodnocení efektu.

Rodiče vyšetřovaných podepsali informovaný souhlas s anonymním zpracováním osobních dat.

3.1 Měření

Pro měření spirometrických parametrů byl použit přístroj Exhalyzer D od švýcarské firmy Ecomedics, který umožňuje vyšetření plicních funkcí metodou vícedechového vyplavování dusíku z plic. V průběhu testu se snímá v reálném čase průtok a složení nadechovaného a vydechovaného vzduchu. Získaná data jsou pak využita pro výpočet klinicky významných parametrů, jako jsou funkční reziduální kapacita (FRC) a očišťovací index plic ($LCI_{2,5}$). Spirometrické měření nám určuje vitální kapacitu plic (VC), inspirační kapacitu (IC), usilovnou vitální kapacitu (FVC), jednovteřinovou vitální kapacitu (FEV_1) a střední výdechovou rychlost (MEF_{25} , MEF_{75}).

Průběh měření

Pacientky nejprve absolvovaly 3 za sebou jdoucí měření metodou MBW. Podmínkami pro správnost vyšetření je klidné a pravidelné dýchání, stoprocentní těsnost systému a spolehlivě dokončená wash-out fáze. Pacientky při vyšetření seděly na židli ve vzpřímené poloze, na nose měly svorku a klidně dýchaly skrz pevně sevřený náustek. Správná poloha je nezbytná pro přesné určení funkční reziduální kapacity. Jakoukoliv změnou polohy trupu vedoucí ke změně polohy bránice může dojít ke zkreslení výsledků.

Během celého měření je třeba také dbát na dokonalé uzavření úst a pravidelný dechový vzor. Ten je docílen instruktáží pomocí animace ve formě zelených - usmívajících se a červených - mračících se smajlíků. Délka celkového vyšetření je individuální. Jedno měření se pohybuje mezi 2-10 minutami a je třeba ho opakovat 2-3krát. Mezi jednotlivými měřeními je třeba dodržet určitou dobu, vypočítanou přístrojem, nutnou pro „doplnění“ dusíku do plic pro další měření. Celkem tedy vyšetření zabere zhruba půl hodiny až hodinu.

Po ukončení měření metodou MBW následovala spirometrie. Pacientky se vzpřímeně posadily před spirometr a se svorkou na nose a pevně sevřeným náustkem byly vyzvány nejprve ke klidovému a pak usilovnému dýchání. Vyšetření klidového i usilovného dýchání bylo opakováno alespoň třikrát. Celé spirometrické měření pak trvalo cca 10 minut.

Všechna měření probíhala pod vedením a odborným dohledem zdravotní sestry z Pediatrické kliniky FN Motol.



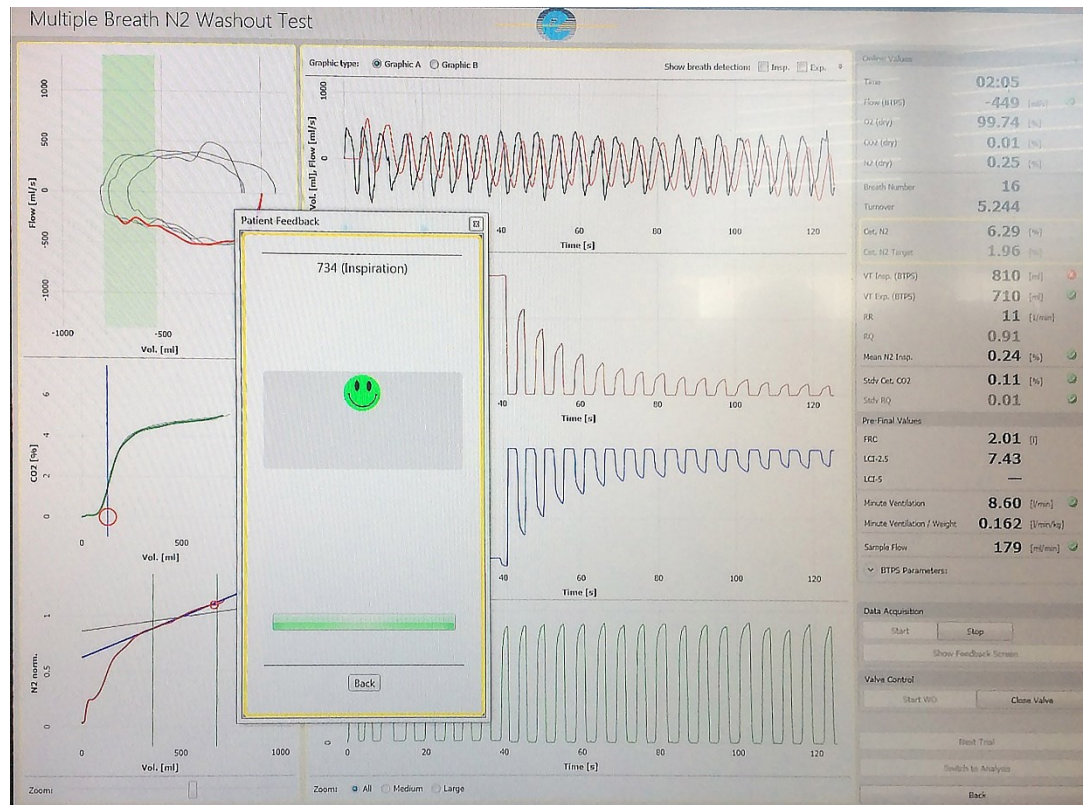
Obr.č.15: Pacientka č.1 během měření metodou MBW.



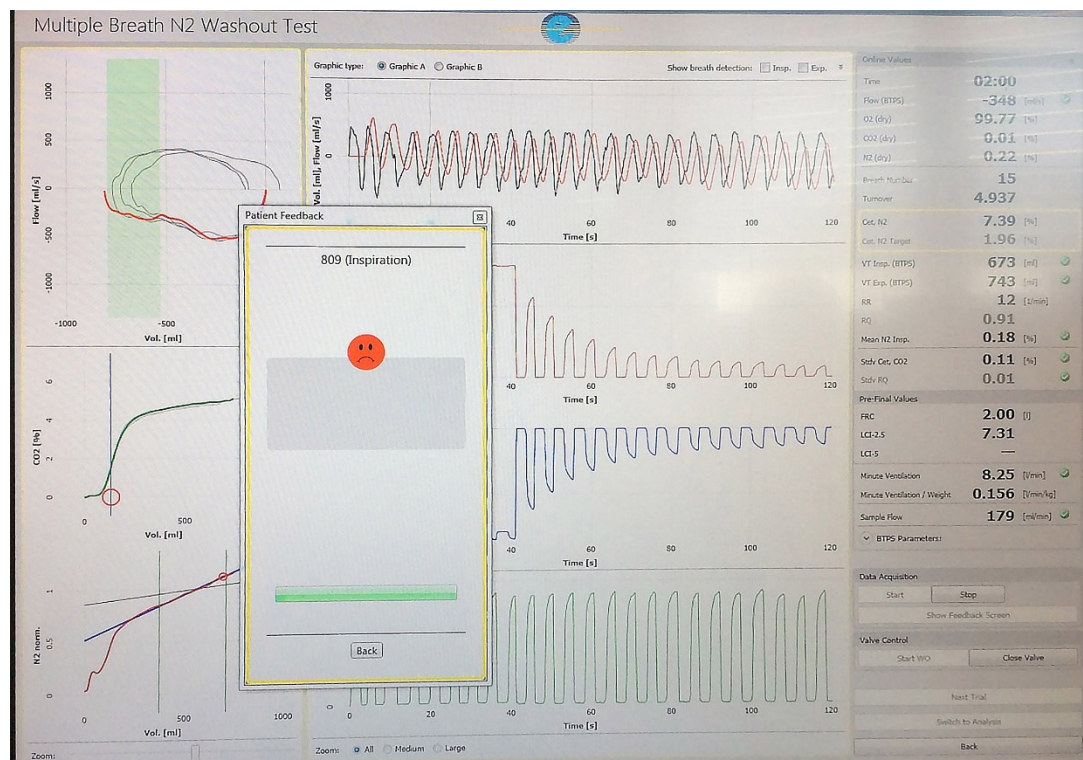
Obr.č.16: Pacientka č.2 během měření metodou MBW.



Obr.č.17: Pacientka č.1 během spirometrie. Obr.č.18: Pacientka č.2 během spirometrie.



Obr.č.19: Ukázka správného nádechu znázorněná pomocí „zeleného smajlíka“.



Obr.č.20: Ukázka špatného nádechu znázorněná „červeným smajlíkem“.

3.2 Vyšetření – kineziologický rozbor

Vyšetřování a hodnocení postavy se provádí ze třech stran – zezadu, zepředu a z boku, a to aspekci, měřením a palpací. Postavu vyšetřujeme v klidu – tzv. statické vyšetření a v pohybu – tzv. dynamické vyšetření. (Véle 2006)

Vyšetření statické

Pohledem zezadu hodnotíme: držení a osově postavení hlavy; reliéf krku a ramen; u horních končetin (dále HKK) – reliéf, osa a konfigurace; tvar a symetrii hrudníku, výši a postavení lopatek; pánev – zadní spiny, gluteální rýhy, intergluteální rýhu a u dolních končetin (dále DKK) hodnotíme reliéf, osu, podkolenní jamky a symetrii Achilových šlach.

Aspekci zepředu hodnotíme: držení a osově postavení hlavy, symetrii obličeje; reliéf krku a postavení klíčních kostí, souměrnost a výši ramen; HKK – reliéf, osa, konfigurace; tvar a symetrii hrudníku; postavení umbilicu; souměrnost předních spin a postavení DKK.

Z boku hodnotíme pohledem: držení a osově postavení hlavy; HKK; tvar a postavení hrudníku; zakřivení páteře; držení břišní stěny; sklon pánve a kosti křížové a DKK.

Palpací hodnotíme tonus, barvu a povrchovou teplotu kůže, její suchost, příp. potivost. Dále tonus podkožního vaziva, svalovou atrofii, přítomnost otoku, žizev – jejich bolestivost a posunlivost; kontraktury, omezenou kloubní pohyblivost a kvalitu cití. (Véle 2006)

Vyšetření dynamické

Při dynamickém vyšetření hodnotíme rozvíjení páteře při postupném uvolněném předklonu, symetrii paravertebrálních valů a hrudníku. Při úklonech sledujeme křivku páteře, která by měla vytvářet plynulý oblouk.

Thomayerova zkouška – neboli zkouška prostého předklonu nám hodnotí nespecificky pohyblivost celé páteře. Je velmi jednoduchá a má dobrý klinický výstup. Lze podle ní hodnotit jak hypomobilitu, tak i hypermobilitu páteře.

Schoberova distance – hodnotí pohyblivost bederní páteře. Od trnu obratle S1 naměříme 10 cm kraniálně a necháme pacienta volně předklonit. Při flexi trupu by se měla vzdálenost prodloužit minimálně o 5 cm.

Stiborova distance – nám ukazuje rozvíjení hrudní a bederní páteře. Vychází se zde ze dvou bodů – trnu pátého bederního obratle (L5) a trnu posledního krčního obratle (C7). Změří se mezi nimi vzdálenost a pozoruje se změna při uvolněném předklonu. U zdravé páteře by mělo dojít k prodloužení o 7-10 cm.

Forestierova fleche – je vzdálenost protuberantia occipitalis externa kolmá od stěny, nejčastěji měřená ve stoji. Pokud se pacient ve vzpřímeném stoji s propnutými koleny dotýká týlem stěny, Forestierova fleche je rovna nule. Je používána zejména pro měření míry předsunutého držení hlavy či fixované hrudní kyfózy.

Ottova distance – hodnotí pohyblivost hrudní páteře. Měří se jak inklinální (v předklonu), tak reklinální (v záklonu). Naměří se 30 cm distálně od trnu C7 a při maximálním předklonu by se tato vzdálenost měla prodloužit minimálně o 3 cm (inklinální) a při maximálním záklonu by se měla zkrátit alespoň o 2,5 cm (reklinální). (Kolář 2012)

Vyšetření dýchacích pohybů

Vedle aspekce, při které pozorujeme průběh dechové vlny, používáme při vyšetření mechaniky dýchání i palpaci. Plnou dlaní přikládáme obě ruce na přední, boční a zadní strany příslušných dýchacích segmentů a hodnotíme rozsah pohybu pod přiloženou rukou. Porovnáваме mezi sebou levou a pravou stranu, výškové rozdíly sektorů jedno a protilehlé stany. V horizontálním směru mají dolní žebra největší rozsah pohybu do stran, menší dopředu a nepatrný vzad. Ve středním segmentu se již začíná projevovat vertikální směr pohybu žeber, který převládá v horním sektoru. Směr pohybu žeber je dán jejich osami otáčení. (Véle 2006)

Respirační amplituda – je rozdíl obvodu hrudníku v maximálním nádechu a maximálním výdechu, měřený ve čtyřech rovinách: v axilární linii, mezosternální rovině, xiphosternální rovině a v poloviční vzdálenosti mezi proc. xiphoideem a umbilicem. (Neumannová, Kolek 2012)

Borgova škála

Pomocí Borgovy škály se subjektivně hodnotí stupeň dušnosti a stupeň namáhavosti. Pro stupeň dušnosti se používá stupnice 0-10, kdy při stupni 0 není vůbec žádný pocit dušnosti; u 0,5 je pocíťovaná velmi, velmi slabá dušnost; 1 – velmi slabá; 2 – lehká; 3 – střední; 4 – poněkud silná; 5 – poněkud silná až těžká; 7 je velmi těžká dušnost a 10 je maximální, velmi, velmi silná dušnost. (Pastucha 2014)

U hodnocení vnímání intenzity namáhavosti se používá stupnice od 6 do 20, načež 7 je velmi, velmi lehká zátěž; 9 – velmi lehká; 11 – lehká; 13 – poněkud namáhavá; 15 namáhavá; 17 – velmi namáhavá; 19 – velmi, velmi namáhavá a 20 je maximální. (Salajka 2006)

3.3 Terapie

Zvolená půlhodinová terapie, kterou pacientky absolvovaly mezi dvěma měřeními, se skládala ze tří částí. Nejprve pacientky šlapaly po dobu deseti minut na ergometru se zátěží 1 Watt na kilogram. Následovaly techniky měkkých tkání včetně protažení fascií v oblasti hrudníku a mobilizace hrudní páteře a CTh přechodu. Závěrem proběhla terapie airway clearance technique pomocí vibrační dechové pomůcky PARI O'PEP. Metodika terapie byla provedena tak, aby byla srovnatelná s předchozí studií vypracovanou Fuchs et al. z roku 2010.

3.4 Kazuistiky

Kazuistika pacienta obsahuje kromě anamnézy taktéž kineziologický rozbor a klinické vyšetření, které bylo provedeno před i po terapii.

KAZUISTIKA PACIENTA č. 1

Pohlaví: žena

Věk: 15 let

Výška: 160 cm

Váha: 53 kg

Dg: Cystická fibróza stanovena v novorozeneckém věku na podkladě špatného odchodu smolky a vazkých stolic

Genetika: homozygot F508del/F508de

Anamnéza:

RA: matka – nar. 1969, zdravá, otec – nar. 1967, zdravý; rozvedení sourozenci: bratr – nar. 1990, zdravý; bratr – nar. 1996, zdravý

OA: ze 3. gravidity, fyziologický průběh těhotenství, porod ve 37. t.t., spontánní, záhlavím, PH 3160 g, PD 49 cm. Poporodní adaptace bez pozoruhodností. Po porodu spontánně odchází jen malé množství smolky, rozvíjí se subileosní stav, zvládnut konzervativně – smolka odchází po vysokém klysmatu s mlékem. Další stoličky při kojení opět vazké – proveden potní test, zjištěno vysoké Cl v potu. Potní test opakován – Cl v potu 75,4 mmol/l, elastáza I ve stolici jen 14 ug/g, což svědčí pro těžkou pankreatickou insuficienci. Rodiče zprvu diagnózu nepřijímají, nedostavují se i přes výzvy do CF centra Fakultní nemocnice Motol.

2001/07: hospitalizace v Krči pro záchvatovitý kašel se zvracením, po terapii ústup obtíží, stále nebyla nasazena základní léčba nutná při CF.

2001/08: hospitalizace pro přetrvávající dráždivý kašel ve FN Motol, přeléčena a zahájena substituce pankreatických enzymů a vitaminů rozpustných v tucích. Matka zacvičena v dechové rehabilitaci a zajištěn inhalátor.

2001/12: 2x hospitalizace ve FNM s gastroenteritidou

2002: hospitalizace pro febrilní stav, drobná pravostranná bronchopneumonie

2003: hospitalizace ve FNM s febriliemi, aftózní stomatitidou, kultivačně ze sekretu horních cest dýchacích *Pseudomonas aeruginosa*

2004: dva záchyty *Ps. aeruginosa*, pokračování v i.v. antibiotické (ATB) léčbě

Do roku 2009 průběh dobrý, plicní funkce v normě

2010: záchyt *Ps. aeruginosa*, přeléčeno Ciprinol

2011: 1x akutní exacerbace léčena 4 týdny ATB, 4.7. – 12.8. prospěšný pobyt v lázních – Sanatorium Edel.

2012: nasazen Pulmozyme a vydán inhalátor PariMaster – z důvodu zhoršení plicní funkce a vykašlávání hnisavého sputa. Po třech měsících normalizace plicních funkcí, FVC na dolní hranici normy, bez obstrukce. ATB 2x za rok

2013: kultivační nález ve sputu – Biseptol, na ORL nález malého polypu, nasazen Avamys, v červnu polinotické obtíže, zejm. očí, koncem léta natržení Achillovy šlachy (sin.) během hry a špatném doskoku z výšky – 7 týdnů sádrová fixace

2014: zhoršený kašel, záchyt *Ps. aeruginosa*, *S. maltophilia*, *S. aureus* a *Enterobacter cloacae*

2015: záchyt *Pseudomonas* – i.v. ATB; *Stenotr. Malt* a *Staf. aureus* – i.v. ATB

2016: *Staf. aureus* + *Stenotr. maltophilia* + *Candida lusitaniae* – ATB, na spirometrii normální funkce plic, CT plic – bez jasné progrese změn, mírná prominence bronchiektázií v lingule, přetrvávající airtrapping, kultivace ze sputa oj. *Candida dubliniensis* a *Aspergillus*, *Pseudomonas aer.* – negativní.

Inhalace:

5,85 % NaCl – 2x denně, dechová rehabilitace ihned, před inhalací premedikace Ventolinem 2 vstříky.

Pulmozyme 1x 2,5 ml denně 30-120 minut po inhalaci intenzivní dechová RHB a odhlenění. Colomycine 1 ampulka 2x denně do čistých plic.

SA: rodiče rozvedeni, ve střídavé péči obou rodičů, nyní žije s otcem a jeho přítelkyní, chodí do 8. třídy základní školy (2 odklady kvůli časté hospitalizaci)

NO: 15ti-letá pacientka s CF, chronicky kolonizována *Pseudomonas aer.*, pankreaticky insuficientní, pravidelné přeléčení i.v. ATB. Bez zhoršení obtíží, více zahleněná není,

vykašlává zelené sputum. Dušná není, chuť k jídlu má, stolice je pravidelná, jiné obtíže nejuje. Před 5 dny špatný došlap při chůzi ze schodů a mírné podvrtnutí kotníku vlevo (kde byla dříve natržena Achillova šlacha).

Subjektivní stav pacienta: pacientka se cítí dobře, občasná doznívající bolest levého kotníku po špatném došlapu, jinak žádné obtíže nevnímá.

Kineziologický rozbor:

Aspekce z roviny frontální: mírná asymetrie v postavení ramen – levý ramenní pletenec výše než pravý, postavení clavicul je symetrické, žebra bez prominence a asymetrie, pupík bez vychýlení ze střední roviny, pánev bez laterálního posunu, kontury dolních končetin symetrické, náznak valgosity kolen, postavení patell symetrické, mírně oploštělá klenba nožní.

Aspekce z roviny sagitální: hlava v předsunu, ramenní pletence v mírné protrakci, prominence C7, kyfotické zakřivení Th páteře a lordotické zakřivení L páteře bez patologického nálezu.

Aspekce z roviny dorzální: levý pletenec ramenní výše než pravý, nepatrná prominence lopatky vpravo, fossae lumbales symetrické, infraglutální rýhy symetrické, podkolenní jamky symetrické, levé chodidlo mírně vtočené dovnitř, viditelný doznívající otok.

Palpace hrudníku: dechový vzor mírně asymetrický – větší rozvíjení pravé strany hrudníku, pohyblivost fascií v podklíčkové oblasti vázne laterokraniálním směrem bilaterálně, v oblasti levých spodních žeber vázne pohyblivost fascií mediálním směrem. Na dorzální straně hrudníku malá pohyblivost mezilopatkových fascií do laterálního směru, bilaterálně.

Blokáda střední hrudní páteře a CTh přechodu.

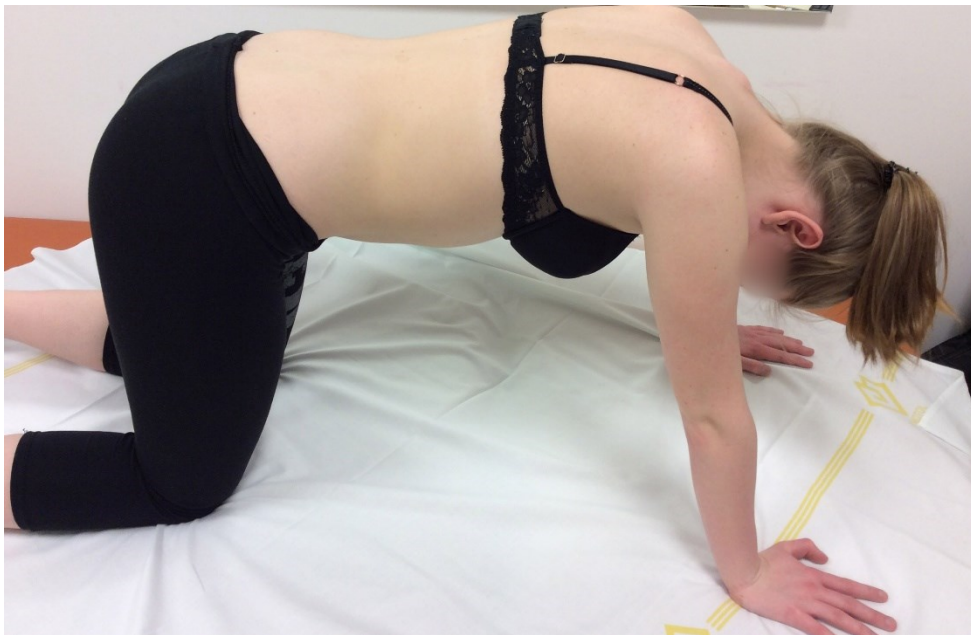
Respirační amplituda: naměřený rozdíl mezi maximálním nádechem a výdechem v axilární linii je 4 cm; v mezosternální rovině 3 cm; v xiphosternální rovině 3 cm a v místě poloviční vzdálenosti mezi proc. xiphoideus a umbilicem jsou 4 cm.

Klek na 4: prominence C7, mírná insuficience dolních fixátorů lopatek.

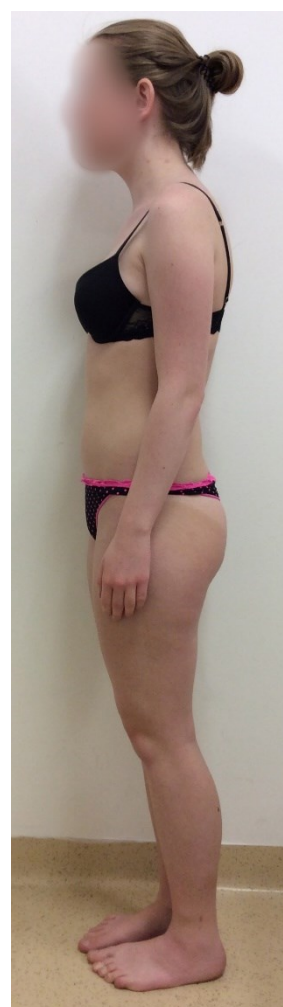
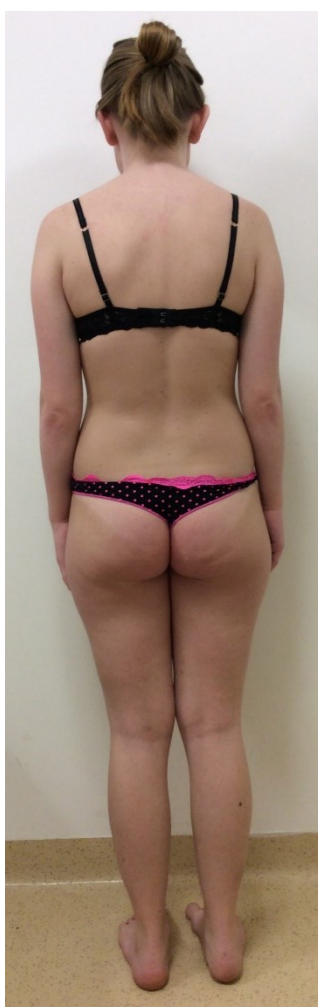
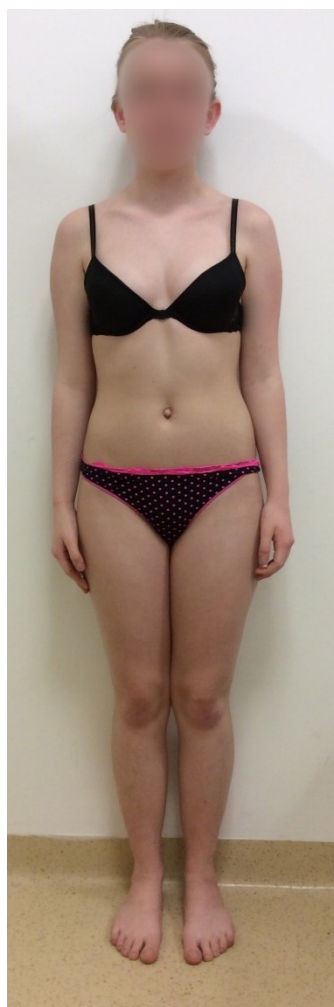
Rozvoj páteře: Schoberova distance pro rozvoj bederní páteře je fyziologický: 16 cm; rozvoj hrudní a bederní páteře dle Stibora je fyziologický: 8 cm; rozvoj hrudní páteře do předklonu je omezen – Ottova inklináční distance: 1 cm; Ottova reklinační distance je ve fyziologických hodnotách: 2,5 cm.

Vyšetření stoje a chůze: stoj i modifikovaný stoj o úzké bazi, se zavřenýma očima a na 1DK bez patologie, modifikovaná chůze o úzké bazi, chůze po špičkách a po patách omezena z důvodu doznívající bolesti levého kotníku.

Thomayerova zkouška negativní.



Obr.č.21: Pacientka č.1 v poloze na čtyřech.



A

B

C

Obr.č.22: Pacientka č.1 z pohledu **A.** zepředu; **B.** zezadu; **C.** z boku

KLINICKÉ VYŠETŘENÍ					
Jméno a příjmení: Pacientka č. 1		věk: 15 let	výška: 160 cm	váha: 53 kg	
		PŘED terapií	PO terapií		
Respirační amplituda: <i>axilární linie</i>	max. nádech	87 cm	87 cm		
	max. výdech	84 cm	83 cm		
	<i>mezosternální rovina</i>	max. nádech	88 cm	88 cm	
		max. výdech	85 cm	83 cm	
	<i>xiphosternální rovina</i>	max. nádech	80 cm	80 cm	
		max. výdech	77 cm	76 cm	
	<i>1/2 vzdálenost mezi proc.xiphoideem a umbilicem</i>	max. nádech	75 cm	75,5 cm	
		max. výdech	71 cm	71 cm	
Schoberova distance <i>(L5 - 10 cm kraniálně - předklon)</i>		16 cm	16,5 cm		
Stiborova distance <i>(C7 - L5 - předklon)</i>		8 cm	9 cm		
Forestierova fleche		6 cm	4,5 cm		
Ottova distance <i>(C7 - 30 cm kaudálně - předklon)</i>	inklinační	1 cm	1,5 cm		
	reklinační	2,5 cm	3 cm		
Thomayerova zkouška		negativní	negativní		
Lareroflexe		symetrická:	ANO	ANO	
Asymetrie trupu v předklonu			NE	NE	
Borgova škála dušnosti (0-10)			2-3	2	
Expektorace během terapie <i>(ACT – PARI O'PEP)</i>		NE			
Kašláni během terapie		ANO	kolikrát: 14x		
Borgova škála namáhavosti (6-20) <i>(jízda na ergometru)</i>		intenzita zátěže: 11 doba zátěže: 10 min (1 W/kg → 50 W)			
Subjektivní pocit po terapii:		Pacientka udává pocit uvolnění na hrudníku i v oblasti krku; dýchání bez výrazné změny.			

KAZUISTIKA PACIENTA č. 2

Pohlaví: žena

Věk: 16 let

Výška: 173 cm

Váha: 76 kg

Dg: Cystická fibróza – pankreaticky insuficientní; chronická infekce *Staphylococcus aureus*; hepatopatie při CF– difúzní parenchymová léze jater, dle ultrazvuku incipientní cirhosa; mírná aortální insuficience (hemodynamicky nevýznamná)

Genetika: mutace F508del/Q372X

Anamnéza:

RA: matka – zdráva; otec – zdravý; bratr – nar. 2004, zdravý přenašeč

OA: pacientka z první gravidity, fyziologický průběh těhotenství, diagnóza CF stanovena ve věku 2,1 let na podkladě mastných stolic

2003: záchyt *Pseudomonas aeruginosa* – 3 týdny Ciprinol + 6 týdnů inhalačně Colomycine

2004: 2. záchyt *Ps. aeruginosa*

2006: *Ps. aeruginosa* ve sputu, plicní funkce trvale normální

2009: masivní nález *Candida albicans*, opakovaně záchyt *S. aureus*

2010: kultivačně *S. aureus*, spirometrie v normě

2011: dobrý stav výživy, sono břicha s uzlovitou přestavbou jater, rentgen plic s peribronchiálním a intersticiálními změnami

2012: záchyt *S. aureus* a mírné zhoršení zahlenění, spirometrie a výživa v normě

2014: diagnostikována mírná aortální insuficience, hemodynamicky nevýznamná, trombofilní mutace – Factor V Leiden zdravý homozygot, kultivačně chronicky *S. aureus*, opakovaně *Candida*, 1x *Escherichia coli*

2015: spirometrie a stav výživy v dobrém stavu, kultivačně *S. aureus*, počínající cirhotická přestavba bez známek portální hypertenze

2016: dobrý stav výživy, normální plicní funkce, chronická infekce *S. aureus*, během roku 1x p.o. ATB pro mírnou exacerbaci

2016/04: drží bezlepkovou dietu, zhubla za 14 dní 1,5 kg, spirometrie v normě, ve sputu *S. aureus* 10 na 3, oj. *Candida*

2016/12: S. aureus, Candida 10 na 3

Ultrazvuk: játra s uzlovitou přestavbou při cirhóze – periportální fibrosa – porta 10 mm

Inhalace: 2x denně – solný roztok (ráno, večer), Pulmozyme (odpoledne)

SA: žije s rodiči a bratrem, chodí do druhého ročníku na gymnáziu

NO: 16ti letá pacientka s CF – pankreaticky insuficientní, spirometrie v normě, bolesti břicha nemá, občas zapomíná užívat Kreon, chuť k jídlu dobrá – jí 6x denně, sportuje bez většího omezení – 1x týdně karate, 1x týdně fit box, kolečkové brusle, 7x týdně zpěv. Občas odkašle bílý až lehce nažloutlý hlen. Pro dechovou rehabilitaci používá zejména PARI O'PEP.

Subjektivní stav pacienta: pacientka je mírně zahleněná, což normálně nebývá, ale cítí se dobře. Žádné jiné obtíže nemá, unavená není.

Kineziologický rozbor:

Aspekce z roviny frontální: pravý ramenní pletenec v mírné protrakci, postavení clavicul symetrické, žeberní oblouky bez prominence, umbilicus ve střední rovině, dolní končetiny symetrické, patelly ve stejné výšce, mírné vtočení chodidel, prstce jsou volné.

Aspekce z roviny sagitální: oploštělá hrudní páteř, zvýrazněná bederní lordóza, insuficientní aktivace ventrální muskulatury, mírná hyperextenze v kolenních kloubech.

Aspekce z roviny dorzální: nepatrná elevace pravého ramenního pletence, jinak bez asymetrií, ifragluteální rýhy symetrické, podkolenní jamky symetrické, propad podélné klenby nožní bilaterálně, mírný náznak valgosit kotníků.

Palpace hrudníku a břicha: dechový vzor bez patologického nálezu, horší pohyblivost fascie v podklíčkové oblasti vpravo do laterokraniálního směru, pohyblivost fascií v oblasti spodních žeber je omezená do laterálního směru (bilaterálně). V mezilopatkové oblasti je omezen pohyb laterálně od Th páteře, nejvíce v oblasti horní části trapézu, bilaterálně. C a Th páteř bez blokace, fyziologická pohyblivost obratlů. Břišní dutina palpačně nebolestivá, bez patologického nálezu.

Respirační amplituda: rozdíl obvodu mezi maximálním nádechem a maximálním výdechem je v axilární linii 4 cm; v mezosternální rovině 3 cm; v rovině xiphosternální 6 cm a v poloviční vzdálenosti mezi processus xiphoideus a umbilicus je rozdíl 5,5 cm.

Klek na 4: oslabené mezilopatkové svalstvo – scapulae alatae, oploštělá Th páteř a zvýrazněná lordóza L páteře, oslabený HSSP.

Rozvoj páteře: rozvoj bederní páteře dle Schobrea je fyziologický: 15,2 cm; Stiborova distance pro rozvoj hrudní a bederní páteře je bez patologického nálezu: 8 cm; rozvoj omezený předklon v oblasti hrudní páteře – Ottova inklinální distance: 1,5 cm; Ottova reklinální distance je ve fyziologických hodnotách: 4,5 cm.

Vyšetření stoje a chůze: modifikovaný stoj i chůze bez patologického nálezu.

Thomayerova zkouška negativní.



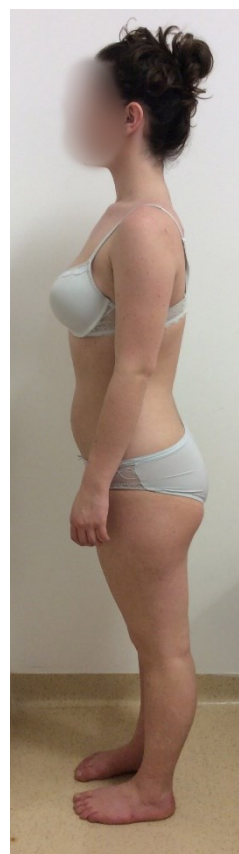
Obr.č.23.: Pacientka č.2 v poloze na čtyřech.



A



B



C

Obr.č.24: Pacientka č.2 z pohledu **A.** zepředu; **B.** zezadu; **C.** z boku

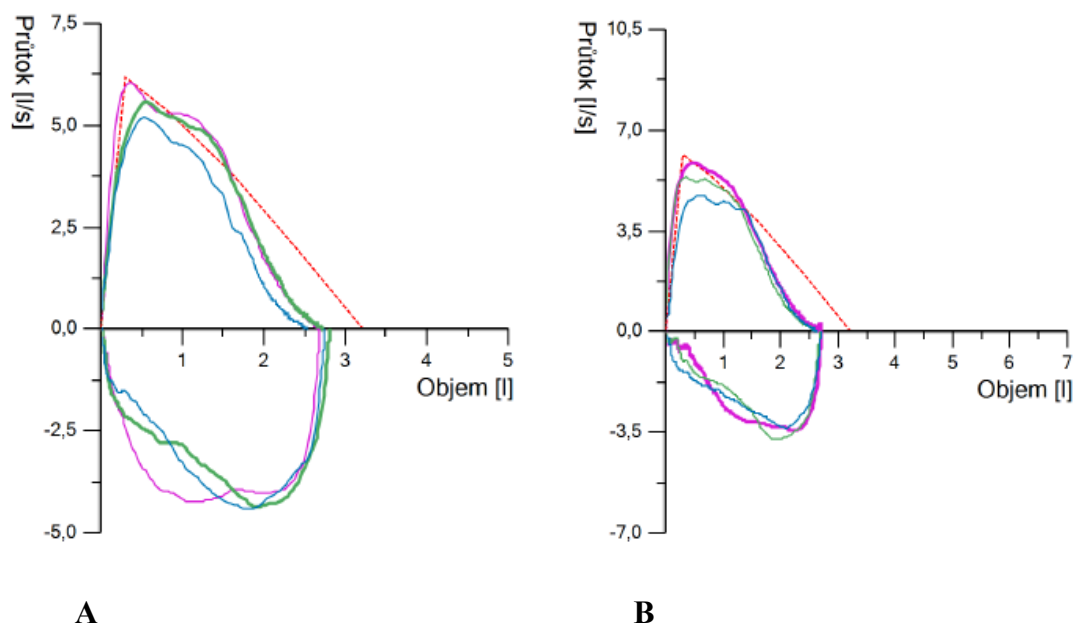
KLINICKÉ VYŠETŘENÍ				
Jméno a příjmení: Pacientka č. 2		věk: 16 let	výška: 173 cm	váha: 67 kg
		PŘED terapií	PO terapii	
Respirační amplituda: axilární linie <i>mezosternální rovina</i> <i>xiphosternální rovina</i> <i>1/2 vzdálenost mezi proc.xiphoideem</i> <i>a umbilicem</i>	max. nádech	96 cm	96 cm	
	max. výdech	92 cm	91 cm	
	max. nádech	96 cm	96 cm	
	max. výdech	93 cm	93 cm	
	max. nádech	88 cm	88 cm	
	max. výdech	82 cm	82 cm	
	max. nádech	83 cm	83 cm	
	max. výdech	77,5 cm	77 cm	
Schoberova distance (L5 - 10 cm kraniálně - předklon)		15,2 cm	15,5 cm	
Stiborova distance (C7 - L5 - předklon)		9,5 cm	11 cm	
Forestierova fleche		1 cm	1 cm	
Ottova distance (C7 - 30 cm kaudálně - předklon)	inklinační	1,5 cm	3,5 cm	
	reklnační	4,5 cm	4,5 cm	
Thomayerova zkouška		negativní	negativní	
Lareroflexe		symetrická: ANO	ANO	
Asymetrie trupu v předklonu		NE	NE	
Borgova škála dušnosti (0-10)		1,5	1	
Expektorace během terapie (ACT – PARI O'PEP)		NE		
Kašláni během terapie		ANO	kolikrát: 4x	
Borgova škála namáhavosti (6-20) (jízda na ergometru)		intenzita zátěže: 10 doba zátěže: 10 min (1 W/kg → 70 W)		
Subjektivní pocit po terapii:		Pacientka neudává pocit zahlenění v porovnání před terapií, lépe se jí dýchá, pocit uvolnění na hrudi, zejm. v podklíčkové oblasti.		

3.4.1 Výsledky měření

SPIROMETRIE:

Tabulka č.1: Výsledky spirometrického měření pacientky č. 1

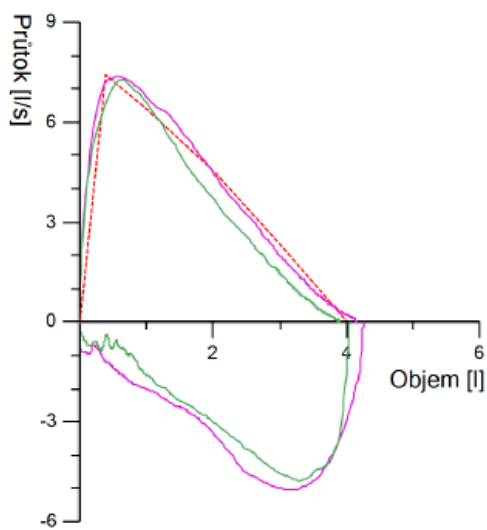
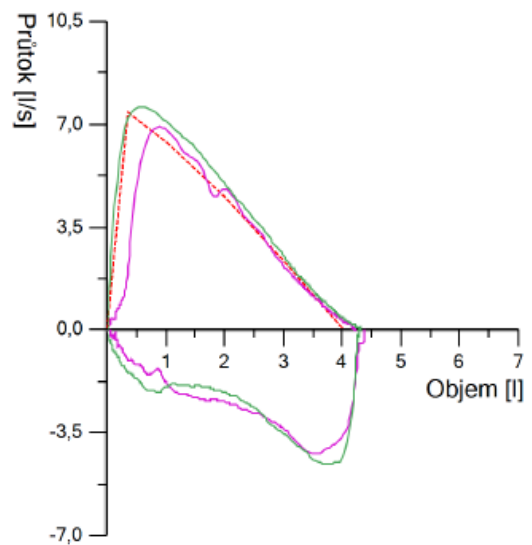
parametr	jednotka	předpokl. hodnota	prům. PŘED	%	prům. PO	%
klidová spirometrie						
VC	<i>l</i>	3,26	2,85	87%	2,93	90%
IC	<i>l</i>	1,81	2,44	134%	2,31	127%
usilovná spirometrie						
FEV1	<i>l</i>	2,73	2,47	90%	2,42	88%
FVC	<i>l</i>	3,22	2,81	88%	2,73	85%
MEF25	<i>l/s</i>	1,97	1,71	87%	1,45	74%
MEF25-75	<i>l/s</i>	3,42	3,79	111%	3,45	101%



Obr.č.25: Křivka průtok-objem pacientky č.1 **A.** před terapií; **B.** po terapii.

Tabulka č.2: Výsledky spirometrického měření pacientky č. 2

<i>parametr</i>	<i>jednotka</i>	<i>předpokl. hodnota</i>	<i>prům. PŘED</i>	<i>%</i>	<i>prům. PO</i>	<i>%</i>
<i>klidová spirometrie</i>						
<i>VC</i>	<i>l</i>	4,01	4,52	<i>113% n</i>	4,43	<i>110% n</i>
<i>IC</i>	<i>l</i>	2,23	3,32	<i>149% n</i>	2,92	<i>139% n</i>
<i>usilovná spirometrie</i>						
<i>FEV₁</i>	<i>l</i>	3,38	3,52	<i>104% n</i>	3,69	<i>109% n</i>
<i>FVC</i>	<i>l</i>	4,01	4,26	<i>106% n</i>	4,37	<i>109% n</i>
<i>MEF₂₅</i>	<i>l/s</i>	2,34	2,26	<i>97% n</i>	2,26	<i>97% n</i>
<i>MEF₂₅₋₇₅</i>	<i>l/s</i>	4,11	3,53	<i>86% n</i>	3,53	<i>86% n</i>

**A****B****Obr.č.26:** Křivka průtok-objem pacientky č.2 **A.** před terapií; **B.** po terapii.

MULTIPLE BREATH WASHOUT:*Tabulka č.3: Výsledky měření MBW pacientky č.1*

	předpokládaná hodnota	PŘED terapií	PO terapii
FRC (l)	2,34	3,28 (140,2 % n)	2,50 (106,84 % n)
LCI_{2,5}	6,57	18,76 (285,53 % n)	14,53 (221,16 % n)

Tabulka č.4: Výsledky měření MBW pacientky č.2

	předpokládaná hodnota	PŘED terapií	PO terapii
FRC (l)	2,98	2,91 (97,65 % n)	2,88 (96,8 % n)
LCI_{2,5}	6,58	7,65 (116,3 % n)	7,49 (113,83 % n)

FVC – hodnotí velikost plic, kdy snížení hodnoty FVC pod 80 % normy může být nepřímá známka plicní hyperinflace.

FEV₁ – hodnotí průchodnost průdušek, kdy při hodnotách pod 80 % normy se jedná o obstrukci. Avšak u dětí to může být málo citlivé, proto se využívají další parametry jako MEF₂₅, MEF₅₀ a MEF₂₅₋₇₅, které jsou o něco citlivější (např. o obstrukci se hovoří u MEF₂₅ pod 67 %).

LCI_{2,5} – hodnotí nehomogenitu plic.

FRC – je nepřímá známka plicní hyperinflace. (normy pro N₂ MBW nejsou zatím k dispozici).

4 DISKUZE

Hypotéza 1. *Krátkodobá fyzioterapeutická intervence nebude mít vliv na parametry hodnocené metodou MBW ($LCI_{2,5}$, FRC).*

Pomocí přístroje Exhalyzer D jsme metodou vícedechového vyplavování inertního plynu z plic, v tomto případě dusíku, změřili hodnoty $LCI_{2,5}$ a FRC u vybraných pacientek před terapií a po terapii. Předpokládaná hodnota $LCI_{2,5}$ se u obou pacientek lišila pouze o 0,01, zatímco hodnoty naměřené vyšly s markantním rozdílem. Pacientka č.1 měla před terapií hodnotu $LCI_{2,5}$ zhruba o dvě třetiny vyšší než předpokládanou. Po terapii se jí $LCI_{2,5}$ snížilo o 4,23, z 18,76 (285,53 % n) na 14,53 (221,16 % n). Pacientka č.2 měla již před terapií hodnotu $LCI_{2,5}$ zvýšenou pouze o 1,07 (byla tak na 116,3 % n) a po terapii ji klesla o dalších 0,16 (na 113,83 % n). Pro hodnoty FRC měřené touto metodou za využití dusíku nejsou dané normy, každopádně u pacientky č.1 hodnota klesla o 0,777 a u pacientky č.2 o 0,022. Vzhledem k velikosti rozdílu hodnot FRC před terapií a po terapii je výsledek zanedbatelný.

Z výsledků $LCI_{2,5}$ vyplývá, že i krátkodobá fyzioterapeutická intervence měla na obě pacientky a jejich respirační parametry, hodnocené metodou MBW, pozitivní efekt. K poklesu došlo pravděpodobně z důvodu možného ovlivnění nehomogenity ventilace v periferních dýchacích cestách díky terapii.

Hypotéza 2. *Krátkodobá fyzioterapeutická intervence nebude mít vliv na parametry hodnocené spirometrií (FEV_1 , FVC, MEF_{25} , MEF_{25-75}).*

Z hodnot naměřených spirometrem usilovným dýcháním vyplývá, že na dechové funkce u pacientky č.1 krátkodobá terapie neměla pozitivní efekt. Je třeba vzít v potaz, že pacientka mohla být vyčerpaná po dlouhém a náročném měření a vyšetřování, proto z tohoto výsledku nelze usuzovat závěry. Naopak na pacientku č.2 měla, dle spirometrických výsledků, krátkodobá terapie pozitivní vliv. Hodnoty FEV_1 a FVC se jí zvedly o 5 % (FEV_1) a 3 % (FVC). Vzhledem k tomu, že pacientka č.1 nedělá aktivně žádný sport a pacientka č.2 pravidelně sportuje cca 5 hodin týdně bych předpokládala, že krátkodobá terapeutická intervence bude mít větší efekt na pacientku č.1, než na pacientku č.2, která je fyzicky aktivní a má lepší respirační parametry.

Hypotéza 3. U krátkodobé fyzioterapeutické intervence nedojde k ovlivnění hodnot respirační amplitudy, měřené ve čtyřech rovinách před a po terapii.

Změřením respirační amplitudy před a po terapii jsem zjistila, že pozitivní vliv krátkodobé terapie na obvody hrudníku, měřené ve 4 rovinách, byl pouze v některých hodnotách. U pacientky č.1 došlo ke zvětšení respirační amplitudy při maximálním výdechu, měřené v axilární linii, o 1 centimetr. O 2 centimetry se zmenšil obvod při maximálním výdechu v mezosternální rovině a v xiphosternální rovině se zmenšil taktéž při výdechu o 1 cm. V místě poloviční vzdálenosti mezi xiphoideálním výběžkem a umbilicem se obvod zvětšil při maximálním nádechu a to o 0,5 a při výdechu zůstal beze změny. V ostatních rovinách se míry obvodu při maximálním nádechu nezměnily. Podobně tomu bylo u pacientky č.2, kde došlo ke změně pouze při maximálním výdechu v axilární linii, a to ke zkrácení obvodu o 1 cm a v místě poloviční vzdálenosti mezi preocessus xiphoideus a umbilicus se obvod zmenšil o 0,5. Ostatní obvody zůstaly nezměněny. Z důvodu časově krátké a „jednorázové“ terapie jsem neočekávala příliš velké rozdíly, tudíž i takováto změna je pozitivním výsledkem a efektem terapie. Samotné pacientky pocitovaly „lepší pocit na hrudi“ a subjektivně hodnotily zlepšení. Pozitivně hodnotily taktéž lepší hybnost hrudní páteře po uvolnění blokad.

Hypotéza 4. U krátkodobé fyzioterapeutické intervence nedojde k ovlivnění výsledků měření rozvíjení páteře.

U testovaných pacientek bylo před terapií i po terapii měřeno také rozvíjení páteře. U pacientky č.1 se hodnoty změnily v rádech 0,5 – 1 centimetru. Nejvýraznější změna nastala v oblasti CTh přechodu u rozdílném výsledku hodnot Forestierovy fleche před a po terapii. Nejdříve jsem naměřila kolmou vzdálenost protuberancia occipitalis od stěny 6 cm a po mobilizaci krční a hrudní páteře se naměřená vzdálenost o centimetr a půl snížila.

U druhé pacientky došlo k největší změně v pohyblivosti hrudní páteře. Před terapií měla pacientka Ottovu inklinální distanci pouhých 1,5 cm, přičemž u dobře rozvíjené hrudní páteře by měl být rozdíl alespoň 3 centimetry. Po terapii došlo k prodloužení rozdílu o 2 centimetry, tudíž byla výsledná hodnota Ottovy inklinální distance v hodnotách normy.

Změnami distancí nelze objektivně hodnotit efekt terapie. Na dané rozdíly mohly mít vliv i další podněty v podobě zvýšení flexibility a mobility páteře, způsobené pravděpodobně předcházející fyzickou aktivitou.

Hypotéza 5. 2. pacientka s cystickou fibrózou měla výsledné hodnoty spirometrie v normě. Bude mít hodnoty naměřené metodou MBW srovnatelné se zdravými jedinci.

Z výsledků naměřených spirometrií u pacientky č.2, kdy hodnoty klidové spirometrie přesahují 100 % předpokládané hodnoty a usilovná spirometrie také nevykazuje známky výrazné patologie, bychom mohli usuzovat, že pacientka nemá žádné respirační omezení. Avšak naměřená zvýšená hodnota $LCI_{2,5}$ nám ukazuje, že tomu tak není. Dle norem by měla mít pacientka jejího věku a hmotnosti $LCI_{2,5}$ 6,58, přičemž naměřená hodnota je 7,65. To nám ukazuje, že metoda MBW je daleko citlivější pro měření parametrů respiračních funkcí u pacientů s chronickým onemocněním dýchacích cest, jak potvrzují i výše zmiňované studie.

Limity studie:

Během měření mělo na pacientky vliv několik faktorů, které mohly ovlivnit výsledky měření. Samotné měření metodou MBW a spirometrie zabralo hodinu. To pacientky absolvovaly hned dvakrát v jeden den. Po prvním měření následovalo vyšetření a terapie a následně se celý proces měření a vyšetření opakoval. Mezitím pacientky přecházely z místa měření na vyšetřovnu a po terapii zase zpět na měření, což mohlo být dalším faktorem ovlivňujícím výsledky MBW a spirometrie. Ke konci měření byla na pacientkách znát únava a ztráta koncentrace.

ZÁVĚR

Bakalářská práce „Možnosti hodnocení respiračních parametrů ve fyzioterapii za pomoci MBW“ se věnovala představením nové metody vícedechového vyplavování inertního plynu z plic (Multiple Breath Washout) a jejím využitím jak v lékařské klinické praxi, tak ve fyzioterapii. Tato metoda je poměrně novou, v České republice ještě málo známou metodou. V celé republice je pouze jediný přístroj, který touto metodou měří. Jedná se o přístroj Exhalyzer D od švýcarské firmy Ecomedics a využívá se ve FN Motol. Oproti spirometrii a jiným diagnostickým metodám respiračního systému je toto vyšetření daleko citlivější k postižení nejperifernějších dýchacích cest. Další velkou výhodou je, že vzhledem k tomu, že tato metoda nevyžaduje žádné specifické dýchací manévry, pouze klidový a pravidelný dechový vzor, je využitelná ve všech věkových kategoriích, včetně novorozenců, u kterých je spirometrie neproveditelná. Úspěšné měření nám udává jednak velikost plic, neboli funkční reziduální kapacitu (FRC), dále nás informuje o homogenitě ventilace plic hodnocené očišťovacím indexem plic (LCI) a také průchodnosti nejperifernějších cest dýchacích. Metoda je s úspěchem používána ve světě, kde bylo provedeno několik studií., zejména u pacientů s diagnózou CF, CHOPN či astmatem. Nachází uplatnění především v diagnostice časných stádií chronických onemocnění a také v monitorování průběhu těchto nemocí a jejich léčby. Všeobecně tedy přispívá k podrobnějším a rozšířenějším diagnostikám v pneumologii.

V rámci praktické části byly vybrány dvě pacientky s cystickou fibrózou. Pomocí metody MBW a spirometrie se hodnotil efekt krátkodobé terapie na respirační parametry vybraných pacientek. Dalšími metodami pro vyhodnocení efektu terapie byly standardní funkční testy, jako měření obvodů hrudníku při maximálním nádechu a výdechu ve čtyřech rovinách a rozvíjení páteře.

U pacientky č.1 jsme metodou MBW zjistili známky těžké nehomogenity ventilace ($LCI_{2,5} = 18,76$ což je o 12,19 vyšší než hodnota adekvátní její výšce a váze (6,57)) při hraničně zvýšené funkční reziduální kapacitě (FRC – 3,28 litrů což je o 0,94 l více než normální hodnota). Po intervenci došlo k signifikantnímu poklesu $LCI_{2,5}$ o 22,55 % a FRC se přiblížila normě (z 3,28 l klesla na 2,5 l, kdy adekvátní hodnota této pacientky je 2,34 l). Dle spirometrie je vitální kapacita pacientky v normě, bez známek obstrukce periferních i centrálních dýchacích cest. Inspirační kapacita vyšla také ve

fyziologických hodnotách. Po terapeutické intervenci se spirometrické parametry významně nezměnily.

Hodnoty MBW u pacientky č.2 ukázaly známky mírné nehomogenity ventilace ($LCI_{2,5} = 7,65$ což je o 1,06 vyšší než hodnota normy) při normální funkční reziduální kapacitě (FRC – 2,91 litrů, kdy adekvátní hodnota činí 2,98 l). Po terapii nedošlo k výrazné změně, $LCI_{2,5}$ se snížilo o 2,43 % a FRC kleslo na 96,8 % normy. Tato pacientka měla spirometrické hodnoty v průměru nad 100 % normy a po terapii nedošlo prakticky k signifikantním změnám.

I jedna krátká terapeutická intervence nám ukázala pozitivní efekt za pomoci měřených parametrů, zejména u pacientky č.1. Přestože byla u pac.č.1 naměřená normální spirometrie, pomocí které nemusíme být vždy schopni detekovat efekt rehabilitace, nám metoda MBW ukázala významné postižení nejperifernějších cest dýchacích a je schopna ukázat i efekt cvičení. Po terapii se snížila nehomogenita dýchání, která nám poukazuje na postižení nejperifernějších dýchacích cest, a regadovala i plicní hyperinflace. U pacientky č.2, která je celkově v dobrém stavu, byla spirometrie v normě a výsledky MBW poukázaly jen na nepatrné postižení. U této pacientky takto krátkodobý efekt terapie nebyl patrný a ani jsme ho neočekávali.

Výsledky již zmíněné studie z roku 2010, pod vedením Fuchs et al., srovnávající dvě skupiny pacientů, přičemž jedna skupina podstoupila terapii na podobné bázi jako pacientky z této práce a druhá skupina terapii nepodstoupila, nezjistily žádný rozdíl odvozených parametrů z metody MBW a spirometrie, měřených před a po terapii, ani u jedné skupiny. Tato studie říká, že na plicní funkce pacientů s cystickou fibrózou krátkodobá fyzioterapeutická intervence nemá prakticky žádný vliv.

Vzhledem k závažnosti a četnosti onemocnění respiračního systému je velmi podstatná včasná a přesná diagnostika, zejména u malých dětí, kde je spirometrie nemyslitelná. Tato metoda se jeví jako velmi slibným řešením problematiky v diagnostice plicních chorob u dětských pacientů včetně novorozeneckého věku jak v klinické praxi, tak ve výzkumu.

REFERENČNÍ SEZNAM

A. PFLEGER, M. STEINBACHER, G. SCHWANTZER, E. WEINHANDL, M. WAGNER, E. EBER J: *Short-term effects of physiotherapy on ventilation inhomogeneity in cystic fibrosis patients with a wide range of lung disease severity*. Cystic Fibrosis 2015 Sep; 14(5): 627–631. [online], [cit. 2016 – 04 – 07]. DOI: 10.1016/j.jcf.2014.12.017

AURORA P, STOCKS J, OLIVER C, et al. *Quality control for spirometry in preschoolchildren with and without lung disease*. Am J Crit Care Med 2004; 169: 1152–1159.

BOUCHER, R.C. *An overview of the pathogenesis of cystic fibrosis lung disease*. Advanced Drug Delivery Reviews 2002; 54: 1359-1371.

ČIHÁK, R.: *Anatomie 2*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, 2002; 488 stran. ISBN 80-247-0143-X.

ČIHÁK, R.; GRIM, M. *Anatomie 1*. 2.vydání. Praha: Grada Publishing, 2001. 497 s. ISBN 80-7169-970-5

D'ANGELO E, PRANDI E, MILIC-EMILI J. *Dependence of maximal flow-volume curves on time course of preceding inspiration*. J Appl Physiol 1993; 75: 1155–1159.

DYLEVSKÝ, I.: *Somatologie*. 2. vydání. Olomouc: Epava, 2000; 480 stran. ISBN 80-86297-05-5.

FUCHS SI, TOUSSAINT S, EDLHAIMB B, BALLMANN M a GAPPA M. *Short-term effect of physiotherapy on variability of the lung clearance index in children with cystic fibrosis*. Pediatric Pulmonology [online]. 2010, 45(3), 301-6 [cit. 2017-02-28]. DOI: 10.1002/ppul.21180. ISSN 10990496.

GOLD WM, KOTH LL. *Pulmonary function testing*. In: Broaddus VC, Mason RJ, Ernst JD, et al, eds. Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine. 6th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2016:chap 25.

GROSSE-ONNEBRINK J, MELLIES U, OLIVIER M, WERNER C, and STEHLING F. *Chest physiotherapy can affect the lung clearance index in cystic fibrosis patients*. Pediatric Pulmonology 2017; 9999:1–7. doi:10.1002/ppul.23670.

HORSLEY, Alex. Review: *Lung clearance index in the assessment of airways disease*. Respiratory Medicine [online]. 2009, 103(6), 793-799 [cit. 2016-05-11]. DOI: 10.1016/j.rmed.2009.01.025. ISSN 09546111.

Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1035127721?accountid=15618>

HUDÁK, Radovan, KACHLÍK David. *Memorix anatomie*. Vyd. 2. Praha: Triton, 2013. ISBN 978-80-7387-712-5.

KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 9788024730684.

KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 9788072626571.

KORDAČ, V.; SVOBODA, J.; ŠNAJDR, J.; VOŠLÁŘOVÁ, Z.; WIDIMSKI, J. *Vnitřní lékařství I*. Praha: Avicentrum, 1988.667s.

KOUCKÝ, V.; POHUNEK, P. *Využití metody vícedechového vyplavování inertního plynu z plic ve funkční plicní diagnostice u dětí*. *Studia Pneumologica et Phthiseologica*, 76, 2016, č.1, s. 10-20, ISSN 1213-810X

Lung Diseases and Conditions. National Heart Lung and Blood Institute [online], USA: 2012, [cit. 2016 – 04 – 09]. Dostupné z: <<https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hlw/condition> >

M.R. MILLER, J. HANKINSON, V. BRUSASCO, F. BURGOS, R. CASABURI, A. COATES, R. CRAPO, P. ENRIGHT, C.P.M. VAN DER GRINTEN, P. GUSTAFSSON, R. JENSEN, D.C. JOHNSON, N. MACINTYRE, R. MCKAY, D. NAVAJAS, O.F. PEDERSEN, R. PELLEGRINO, G. VIEGI AND J. WANGER. *Standardisation of spirometry*. *European Respiratory Journal* 2005; 26: 319–338.

MALÍNSKÝ, J.; LICHNOVSKÝ, V.; MICHALÍKOVÁ, Z.: *Přehled histologie člověka v obrazech – II. díl*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2004; 190 stran. ISBN 80-244-0850-3.

NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. 2. dopl. a přeprac. vyd. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACWINSKÝ. Praha: Univerzita Karlova - Nakladatelství Karolinum, c2009. ISBN 978-80-246-1717-6.

NAVRÁTIL, Leoš. *Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 9788024723198.

NEUMANNOVÁ, Kateřina; KOLEK, Vítězslav. *Asthma bronchiale a chronická obstrukční plicní nemoc. Možnost komplexní léčby z pohledu fyzioterapeuta*. Praha 2012, Mladá fronta. 170 s. ISBN 978-80-204-2617-8

O'DONNELL DE, LAM M, WEBB KA. *Spirometric correlates of improvement in exercise performance after cholinergic therapy in chronic obstructive pulmonary disease*. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 542–549.

ORPHANET,. *Cysticfibrosis* [online]. [cit. 2015-12-08]. Dostupné z: <[http://www.orpha.net/consor/cgi-bin/Disease_Search.php?lng=EN&data_id=49&Disease_Disease_Search_diseaseGroup=cystic-fibrosis&Disease_Disease_Search_diseaseType=Pat&Disease\(s\)/group%20of%20diseases=Cystic-fibrosis&title=Cystic-fibrosis&search=Disease_Search_Simple](http://www.orpha.net/consor/cgi-bin/Disease_Search.php?lng=EN&data_id=49&Disease_Disease_Search_diseaseGroup=cystic-fibrosis&Disease_Disease_Search_diseaseType=Pat&Disease(s)/group%20of%20diseases=Cystic-fibrosis&title=Cystic-fibrosis&search=Disease_Search_Simple)>.

PALEČEK, F. a kol. *Patofyziologie dýchání*. Praha: Academia 1999

PAOLETTI P, PISTELLI G, FAZZI P, et al. *Reference values for vital capacity and flow-volume curves from a general population study*. Bull Eur Physiopathol Respir 1986; 22: 451–459.

PASTUCHA, Dalibor. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. Praha: Grada, 2014. ISBN 9788024748375.

PONCIN William, REYCHLER Grégory, LEEUWERCK Noémie, BAUWENS Nathalie, AUBRIOT Anne-Sophie, NADER Candice, LIISTRO Giuseppe and GOHY Sophie: Respiratory Care February 2017, respcare. 05194; DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.05194>

ROBINSON, PD, MD GOLDMAN a PM GUSTAFSSON. *Inert Gas Washout: Theoretical Background and Clinical Utility in Respiratory Disease*. Respiration [online]. 2009, 78(3), 339-355 [cit. 2016-05-11]. ISSN 00257931. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edswsc&an=000268894700017&scope=site>

SALAJKA, František. *Hodnocení kvality života u nemocných s bronchiální obstrukcí*. Praha: Grada, 2006. ISBN 8024713063.

SILBERNAGL, Stefan a Florian LANG. *Atlas patofyziologie*. 2. české vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 9788024735559.

ŠULC, Jan: *Interpretace a použití závěrů funkčního vyšetření plic*. in KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 9788072626571.

TEŘL, M. a kol. *Plicní lékařství*. Praha: Karolinum. 2004. 218 s. ISBN 80-246-0820-0

The Respiratory System. National Heart Lung and Blood Institute [online], USA: 2012, [cit. 2016 – 04 – 09]. Dostupné z: <<https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hlw/system> >

TROJAN, Stanislav, et al. *Lékařská fyziologie*. 4., přeprac. a uprav vydání. Praha : Grada Publishing, a. s, 2003. 772 s. ISBN 80-247-0512-5.

VÁVROVÁ, Věra. *Cystická fibróza*. Praha: Grada, 2006. ISBN 8024705311.

VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 8072548379.

ZWITSERLOOT A., FUCHS S.I., MULLER CH., BISDORF K. a GAPPA M. *Clinical application of inert gas Multiple Breath Washout in children and adolescents with asthma*. Respiratory Medicine 2014, 108, 1254-1259.

Zdroj obrázku: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hlw/system>

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A PŘÍLOH

Seznam obrázků:

Obr.č.1: Respirační systém.

(<https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hlw/system>), str.13

Obr.č.2: Křivka průtok-objem normálního subjektu. (European Respiratory Journal, ©2005), str. 24

Obr.č.3: Křivka normálního subjektu s koncovou výdechovou křivočarostí, která může být viděna se stárnutím. (European Respiratory Journal, ©2005), str. 25

Obr.č.4: Mírná obstrukce u pacienta s astmatem. (European Respiratory Journal, ©2005), str. 25

Obr.č.5: Závažné omezení průtoku vzduchu u pacienta s CHOPN.(European Respiratory Journal, ©2005), str. 25

Obr.č.6: Variabilní vnitřní obstrukce horních cest dýchacích. (European Respiratory Journal, ©2005), str. 25

Obr.č.7: Variabilní zevní obstrukce horních cest dýchacích. (European Respiratory Journal, ©2005), str. 26

Obr.č.8: Fixní obstrukce horních cest dýchacích znázorněna třemi manévry. (European Respiratory Journal, ©2005), str. 26

Obr.č.9: Křivka znázorňující klidové dýchání s následným maximálním výdechem až na reziduální objem (RV), po němž následuje plný nádech do celkové kapacity plic (TLC) k zaznamenání inspirační vitální kapacity (IVC) a inspirační kapacity (IC). FRC: funkční reziduální kapacita; ERV: expirační rezervní objem. (European Respiratory Journal, ©2005), str. 28

Obr.č.10: Křivka znázorňující klidové dýchání následované maximálním nádechem do celkové kapacity plic (TLC) pro zaznamenání inspirační kapacity (IC) a následný plný výdech k hranici reziduálního objemu (RV) k zaznamenání expirační vitální kapacity (ERV). FRC: funkční reziduální kapacita. (European Respiratory Journal, ©2005), str. 28

Obr.č.11: Přístroj Exhalyzer D od švýcarské firmy Ecomedics., str. 29

Obr.č.12: Pro měření pacientů od novorozeneckého věku do 15 kg., str. 30

Obr.č.13: Detail náustku přístroje Exhalyzer D., str. 30

-
- Obr.č.14:** Schematické znázornění průběhu testu vícedechového vyplavování inertního plynu z plic. Na tomto obrázku je použité exogenního inertního plynu (SF6), který vyžaduje kompletní provedení wash-in a wash-out fáze. (Koucký, Pohunek, 2016), str. 32
- Obr.č.15:** Pacientka č.1 během měření metodou MBW., str. 41
- Obr.č.16:** Pacientka č.2 během měření metodou MBW., str. 42
- Obr.č.17:** Pacientka č.1 během spirometrie., str. 42
- Obr.č.18:** Pacientka č.2 během spirometrie., str. 42
- Obr.č.19:** Ukázka správného nádechu znázorněná pomocí „zeleného smajlíka“, str. 43
- Obr.č.20:** Ukázka špatného nádechu znázorněná „červeným smajlíkem“, str. 43
- Obr.č.21:** Pacientka č.1 v poloze na čtyřech., str. 50
- Obr.č.22:** Pacientka č.1 z pohledu **A.** zepředu; **B.** zezadu; **C.** z boku., str. 51
- Obr.č.23:** Pacientka č.2 v poloze na čtyřech., str. 55
- Obr.č.24:** Pacientka č.2 z pohledu **A.** zepředu; **B.** zezadu; **C.** z boku., str. 56
- Obr.č.25:** Křivka průtok-objem pacientky č.1 **A.** před terapií; **B.** po terapii., str. 58
- Obr.č.26:** Křivka průtok-objem pacientky č.2 **A.** před terapií; **B.** po terapii., str. 59

Seznam tabulek:

- Tabulka č.1:** Výsledky spirometrického měření pacientky č. 1, str. 58
- Tabulka č.2:** Výsledky spirometrického měření pacientky č. 2, str. 59
- Tabulka č.3:** Výsledky měření MBW pacientky č.1, str. 60
- Tabulka č.4:** Výsledky měření MBW pacientky č.2, str. 60

Příloha:

- Příloha č.1:** Informovaný souhlas, str. 68

Příloha č.1: Informovaná souhlas.

**Informovaný souhlas rodičů o účasti dítěte na měření za účelem
vypracování bakalářské práce na 2. LF UK, obor Fyzioterapie**

Název práce: Možnosti hodnocení respiračních parametrů ve fyzioterapii za pomoci
Multiple Breath Washout

Měření a vyšetřování budou prováděna za účelem vypracování bakalářské práce. Bude se jednat o měření respiračních parametrů za pomoci techniky Multiple Breath Washout na přístroji Exhalyzer D (Ecomedics, Switzerland, software Spiroware 3.2.) a spirometrie pro srovnání. Měření proběhne dvakrát s půlhodinovou terapií mezi nimi.

Realizace měření: *Proband bude nejprve absolvovat vyšetření terapeutem. Poté proběhne první měření MBW a spirometrie, následně podstoupí půlhodinovou terapii ve formě desetiminutového šlapání na ergometru, mobilizace hrudníku, techniky měkkých tkání a protažení fascií hrudníku a na závěr airway clearance techniky s pomocí PARI O-PEP. Po terapii se změří její efekt znovu pomocí MBW a spirometru a proběhne závěrečné vyšetření fyzioterapeutem.*

Autor bakalářské práce: Eva Richtrová

Vedoucí práce: Mgr. Jana Zelenková

Souhlasím, aby moje dcera byla vyšetřena a zúčastnila se měření za účelem vypracování bakalářské práce na 2. lékařské fakultě Univerzity Karlovy, v oboru Fyzioterapie. Zároveň souhlasím s nahlédnutím a anonymním použitím dat ze zdravotnické dokumentace pro tyto účely.

V Praze dne

.....
podpis zákonného zástupce