

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství 2. LF UK a FN Motol

Sára Procházková

**Vliv tréninku inspiračních svalů na
kardiopulmonální systém u vrcholových
veslařů.**

Bakalářská práce

Praha 2018

Autor práce: Sára Procházková

Vedoucí práce: MUDr. Michal Procházka

Oponent práce: doc. PaedDr. Libuše Smolíková, Ph.D.

Datum obhajoby: 2018

Bibliografický záznam

PROCHÁZKOVÁ, Sára. Vliv tréninku inspiračních svalů na kardiopulmonální systém u vrcholových veslařů. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství 2.LF UK a FN Motol, 2018. 86 s. Vedoucí bakalářské práce MUDr. Michal Procházka.

Abstrakt

Práce se zabývá fyziologickým a biomechanickým vztahem mezi veslováním a funkcí respiračního systému. V teoretické části jsou shrnuty různé možnosti využití tréninku respiračních svalů, hlavně však dostupné informace o tréninku inspiračních svalů na výkonnost vrcholových veslařů. Praktická část je věnována ověření vlivu tohoto tréninku na výkonnost vrcholových veslařů. Součástí práce je série tří případových studií vrcholových veslařek, které podstoupily trénink inspiračních svalů, jehož metodologii uveřejnili v roce 2001 Volianitis et al. I přes nedostatečnou compliance k předepsanému tréninku inspiračních svalů pomocí trenažeru POWERbreathe došlo ke zlepšení sledovaných parametrů, tedy zvýšení PI_{max} a zlepšení výkonu v simulovaném veslařském závodě.

Klíčová slova

veslování, dýchání, trénink inspiračních svalů, výkonnost veslařů, POWERbreathe

Bibliographic identification

PROCHÁZKOVÁ, Sára. Impact of inspiratory muscle training on the cardiopulmonary system of elite rowers. Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2018, 86 p. Supervisor MUDr. Michal Procházka.

Abstract

This thesis focuses on the physiological and biomechanical relation between rowing and function of the respiratory system. The theoretical part summarizes various possibilities of using the inspiratory muscle training, primarily on accessible information about its use during elite rowers preparation. The thesis contains three case studies of elite female rowers who followed the inspiratory muscle training according to Volianitis's et al. methodology from 2001. Changes in performance of simulated rowing race and in PI_{\max} were monitored. Despite the insufficient compliance of prescribed training, we see an improvement of the observed parameters.

Keywords

Rowing, breathing, inspiratory muscle training, rowing performance, POWERbreathe

Prohlášení

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

V Praze dne 23.4.2018

Sára Procházková

Poděkování

Děkuji MUDr. Michalovi Procházkovi za vedení bakalářské práce. Dále děkuji Oddělení tělovýchovného lékařství – FN Motol za možnost provedení testování v zátěžové laboratoři. Děkuji také Mgr. Lence Babkové za vstřícnost při konzultaci práce. A v neposlední řadě děkuji třem probandkám za ochotu a spolupráci při získávání dat.

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	9
1 ÚVOD	11
2 CÍLE	12
3 PŘEHLED POZNATKŮ	13
3.1 VESLOVÁNÍ	13
3.1.1 <i>Charakteristika pohybu</i>	13
3.1.2 <i>Veslování z pohledu zátěžové fyziologie</i>	14
3.1.2.1 Charakteristika závodní zátěže	14
3.1.2.2 Charakteristika tréninkové zátěže	16
3.1.2.3 Vliv na kardiorespirační systém	16
3.1.2.4 Vliv na pohybový aparát	17
3.2 DÝCHÁNÍ	17
3.2.1 <i>Anatomie a funkce dýchacího systému</i>	17
3.2.1.1 Horní cesty dýchací	18
3.2.1.2 Dolní cesty dýchací	18
3.2.1.3 Plíce	19
3.2.2 <i>Fyziologie dýchání</i>	19
3.2.2.1 Fyziologie dýchání v zátěži	19
3.2.3 <i>Biomechanika dýchání</i>	20
3.2.3.1 Kinematika hrudníku	20
3.2.3.2 Dýchací svaly	21
3.2.3.3 Dýchací pohyby	22
3.2.3.4 Základní mechanika respirace	22
3.3 FUNKČNÍ VYŠETŘENÍ PLIC	23
3.3.1 <i>Spirometrie</i>	23
3.3.1.1 Statické plicní objemy	24
3.3.1.2 Dynamické plicní objemy	25
3.3.2 <i>Spiroergometrie</i>	26
3.3.3 <i>Vyšetření inspiračního tlaku</i>	27
3.4 TRÉNINK INSPIRAČNÍCH SVALŮ	27
3.4.1 <i>Trénink respiračních svalů</i>	27
3.4.2 <i>Dechové trenažery</i>	28
3.4.3 <i>Inspirační trenažer POWERbreathe</i>	29
3.4.3.1 Trénink inspiračních svalů pomocí POWERbreathe u vrcholových sportovců	30
3.4.3.2 Trénink inspiračních svalů u vrcholových veslařů	31
4 PRAKTICKÁ ČÁST	35
4.1 METODIKA VYŠETŘENÍ	35

4.1.1	<i>Kineziologický rozbor</i>	35
4.1.2	<i>Testování</i>	36
4.2	TERAPIE	37
4.2.1	KAZUISTIKY	38
4.2.2	<i>Proband 1</i>	38
4.2.2.1	Anamnéza	38
4.2.2.2	Vyšetření před započítím IMT	38
4.2.2.3	Vyšetření po ukončení IMT	41
4.2.2.4	Vyhodnocení efektu IMT	43
4.2.3	<i>Proband 2</i>	44
4.2.3.1	Anamnéza	44
4.2.3.2	Vyšetření před započítím IMT	44
4.2.3.3	Vyšetření po ukončení IMT	47
4.2.3.4	Vyhodnocení efektu IMT	49
4.2.4	<i>Proband 3</i>	50
4.2.4.1	Anamnéza	50
4.2.4.2	Vyšetření před započítím IMT	50
4.2.4.3	Vyšetření po ukončení IMT	53
4.2.4.4	Vyhodnocení efektu IMT	56
4.2.5	<i>Získané hodnoty probandek před započítím a po ukončení IMT</i>	57
5	DISKUSE	58
6	ZÁVĚR	63
7	REFERENČNÍ SEZNAM	64
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	69
9	SEZNAM TABULEK	70
10	SEZNAM PŘÍLOH	71
11	PŘÍLOHY	72

SEZNAM ZKRATEK

ANP	anaerobní práh
art.	articulatio
artt.	articulationes
ATP	adenin trifosfát
BF	dechová frekvence
CO ₂	oxid uhličitý
CP	kreatinfosfát
CPM	Centrum pohybové medicíny
DKK	dolní končetiny
EKG	elektrokardiogram
EMT	trénink expiračních svalů (expiratory muscle training)
ERV	expirační rezervní objem
FEF	usilovný výdechový průtok
FEV1	usilovně vydechnutý objem za 1 sekundu
FFA	volné mastné kyseliny
FRC	funkční reziduální kapacita
FVC	usilovná vitální kapacita
HKK	horní končetiny
CHOPN	chronická obstrukční plicní nemoc
IC	inspirační kapacita
IMT	trénink inspiračních svalů (inspiratory muscle training)
IRV	inspirační rezervní objem
m.	musculus
mm.	musculi

MEF	maximální výdechové průtoky
O ₂	kyslík
PEF	vrcholová výdechová rychlost
PE _{max}	maximální expirační tlak
PEP	pozitivní výdechový tlak (positive expiratory pressure)
PHK	pravá horní končetina
PI _{max}	maximální inspirační tlak
RER	respirační výměnný koeficient
RFT	respirační fyzioterapie
RHB	rehabilitace
RMT	trénink respiračních svalů (respiratory muscle training)
RV	reziduální objem
SF	srdeční frekvence
TLC	celková kapacita plic
Tw Pdi	twitch transdiaphragma pressure
V'O ₂ /SF	tepový kyslík
VC	vitální kapacita
VE	ventilace
VO ₂ max	maximální spotřeba kyslíku
VO ₂ peak	vrcholová spotřeba kyslíku u osob
VT	dechový objem
W'max	maximální výkon

1 ÚVOD

Konečný výkon, který sportovec podá, ovlivňuje mnoho faktorů. Pro získání výkonnosti a síly je zásadní sportovní trénink. Při sportovním tréninku zároveň dochází k tréninku oběhového systému, který je důležitý pro dosažení co nejlepší perfuzní kapacity a vede tak k anaerobní adaptaci. Specifický trénink respiračního systému však bývá opomíjen.

V bakalářské práci jsme shrnuli poznatky z dosud provedených studií o vlivu tréninku respiračních svalů na výkonnost vrcholových veslařek, s důrazem kladeným především na inspirační svaly. Ze studie „Inspiratory muscle training improves rowing performance.“ (Volianitis, McConnell, Koutedakis, McNaughton, Backx, Jones, 2001) jsme převzali metodologii a aplikovali trénink inspiračních svalů na 3 reprezentační veslařky. Dvě z nich jsou úřadující mistryně Evropy na dvojskifu. Mohlo by se zdát, že do zavedeného a osvědčeného tréninku u sportovců na takovéto úrovni není třeba zasahovat. Je však přirozené, že každý sportovec hledá mechanismy, jak svoji výkonnost zvýšit. Za tímto účelem jsou závodníkům v rámci mezinárodních závodů poskytovány různé typy respiračních trenažérů a jedním z nich je inspirační trenažer POWERbreathe, se kterým v této práci pracujeme. Z důvodu opomíjení tréninku respiračních svalů se proto nabízí možnost ověření dopadu tohoto tréninku na výkonnost daných jedinců.

2 CÍLE

Hlavním cílem této práce je popsání vlivu tréninku inspiračních svalů na výkonnost vrcholových veslařů. Další snahou je ozřejmit efektivitu různých tréninků respiračních svalů. Vše je provedeno na základě dostupných informací v literatuře a sérii tří kazuistik.

3 PŘEHLED POZNATKŮ

3.1 Veslování

Veslování je sport prováděný na veslici, která je poháněná vpřed prostřednictvím vesel. V angličtině se používá termín “rowing” pro veslování, kdy je využíváno jedno veslo, které veslař drží oběma rukama (buď na levé nebo na pravé straně lodi) a termín “sculling” pro párové veslování, kdy jsou využívána dvě vesla, každé drženo v jedné ruce veslaře. Veslaři mohou závodit v několika párových i nepárových disciplínách. Dle pravidel mezinárodní veslařské federace je stanovena závodní trať dlouhá 2000 m, závodí se na klidné vodě a každá posádka vesluje v bójemi ohraničené dráze. Vesla jsou většinou dlouhá 4 m, váží okolo 3,6 kg a na jejich konci je tzv. list. (Panuška, 2001)

3.1.1 Charakteristika pohybu

Veslování je cyklický pohyb, kde jak dolní, tak horní končetiny (dále DKK a HKK) pracují synchronizovaně. Propnutím DKK v kolenních a kyčelních kloubech se tělo hýbe na vozítku upevněném v lodi, nazývaném také „slide“, směrem dozadu a dochází k přitáhnutí vesel k tělu. Lidské tělo má ve veslování roli motoru, který pohání loď vpřed. Veslař je posazený uprostřed délky lodi na “slidu”, na kterém se pohybuje dopředu a dozadu. Při pohybu vzad táhne za veslo proti odporu vody, v té chvíli dochází k pohybu lodě vpřed po hladině. Naopak při pohybu těla dopředu jde proti pohybu lodi. (Nilsen, 1988; Steinacker, 1993)

Veslařské tempo začíná na konci předešlého tempa, s plně extendovanými kolenními klouby, záda jsou za vertikálou, kyčelní klouby jsou relativně extendované a loketní klouby jsou flektované u těla ve výšce pasu. Následuje tzv. relaxační fáze tempa, která začíná pohybem horních končetin od těla. Veslo je vyndáno z vody a protočeno tak, aby list byl souběžně s vodou, čímž se sníží odpor proti vzduchu a ulehčí se potenciální nežádoucí prostup vesla vlnou. Následuje flexe trupu a kyčelních kloubů. Ve chvíli kdy jsou trup a ramenní klouby před kyčelními klouby a ruce přesáhnou úroveň kolenních kloubů, dochází ke krčení DKK - a to až do 120° flexe v kolenních kloubech a plné flexe v kyčelních kloubech. V této zkomprimované pozici je vysoká potenciální energie uchovaná v DKK, HKK a zádech. Následuje tzv. zásek, kdy je list vesla zaseknut kolmo do vody, dochází nejdříve k extenzi DKK, k postupné extenzi zad, a teprve poté k přitážení horních končetin k trupu, tedy k flexi v loketních a extenzi v ramenních

kloubech. Tím je urychlen průtah vesla vodou. Tato tahová fáze končí „v konci“ a dále se opakuje stejný cyklus. (Hosea, Hannafin, 2012; Rumball, Lebrun, Di Ciacca, Orlando, 2005)

M. rectus femoris vyvíjí sílu a hrudní paravertebrální svaly stabilizují páteř, aby síla mohla být přenesena do vesla. Ve fázi záběru, kdy dochází k extenzi kolenních a kyčelních kloubů, se zapojují i *m. gluteus maximus* a ischiokrurální svaly, které stabilizují pánev. Pohyb trupu je z 30° anteflexe do 30° retroflexe. Záda jsou považována za pomocný zdroj síly. Síla z DKK a zad je do vesla přenášena přes ramenní pletence, která jsou stabilizována *m. latissimus dorsi* a *m. serratus anterior*. Při největším zrychlení v průběhu záběru dochází k harmonizaci všech aktivovaných svalů. Ke konci záběru, kdy se začínají aktivovat svaly HKK přitahující veslo k tělu, je stále aktivován *m. rectus femoris*, který udržuje kolenní klouby v extenzi. Ve fázi úplného dokončení tempa, tedy v pozici retroflexe trupu, do teď zmíněné velké svalové skupiny přestávají být plně aktivní a dochází k aktivaci *m. rectus abdominis* a *m. obliquus abdominis externus*, jejichž cílem je stabilizovat trup. Následně se aktivují ischiokrurální svaly, které dělají flexi v kolenních kloubech a které začínají pohyb dozadu na „slidu“ pro dosažení výchozí pozice pro další tempo. (Hosea, Hannafin, 2012)

3.1.2 Veslování z pohledu zátěžové fyziologie

3.1.2.1 Charakteristika závodní zátěže

Veslování je silově-vytrvalostní sport. Patří mezi tzv. volní přirozeně periodické pohyby, kdy je periodický pohyb iniciován a neustále řízen vůlí jedince. Pro veslování je typické střídání kontrakce (pozitivní práce) a relaxace (případně i negativní excentrické práce) velkých svalových skupin. (Zbořilová, 2017)

Veslařský závod je dlouhý 2000 m a sestává ze tří částí: počáteční fáze, střední nebo dráhová fáze a závěrečná nebo také sprint fáze. Doba trvání závodu závisí na konkrétní kategorii, na připravenosti veslaře či posádky, na lodi, na vnějších faktorech a pohybuje se mezi zhruba 6 a 7 minutami. (McNally, Wilson, Seiler, 2005)

Startovní fáze se vyznačuje vyšší frekvencí temp, než je posléze ve střední fázi závodu, současně je také počáteční rychlost lodi vyšší než průměrná rychlost celého závodu. V této fázi dochází k anaerobnímu získávání energie, které umožňuje rychlou kontrakci svalu. Vzniká tak ale laktát jako odpadní produkt metabolismu. Ve střední části

závodu organismus postupně přechází k aerobnímu získávání energie. Tato fáze trvá 4 až 6 minut až do započetí konečné fáze. Aerobní metabolismus je přibližně 18krát více efektivnější než anaerobní, a navíc při něm nevzniká laktát. Stejně jako v počáteční fázi veslaři v konečné fázi na zbývající jednu až dvě minuty závodu zvyšují frekvenci temp, aby loď měla co nejvyšší rychlost do cíle. V důsledku toho dochází ke zvýšení energetických nároků, na které aerobní metabolismus již nestačí. Začíná opět přispívat anaerobní získávání energie a laktát je produkován ve zvýšeném množství. Z tohoto důvodu je důležité tréninkem zvyšovat vytrvalostní kapacitu veslaře. (Nilsen, 1988; Zbořilová, 2017)

Tahem za veslo je vyvíjená síla k pohonu lodí vpřed. Tato síla vzniká prostřednictvím kontrakce svalů. Energie nutná pro funkci kontraktilních elementů svalových vláken vzniká štěpením molekul adenosintrifosfátu (ATP), který energii dodává přímo. Nepřímými zdroji energie, to znamená pro resyntézu ATP je nutný kreatinfosfát (CP) a oxidativní a glykolytická fosforylace substrátu, který tvoří volné mastné kyseliny, a glukóza ve formě glykogenu. Závodní výkon veslaře pokrývá ze 70 – 85 % oxidativní fosforylace a z 15 - 30 % glykolytická fosforylace. (Zbořilová, 2017)

Bezprostřední provedení svalové kontrakce je zajištěno rozpadem kreatinfosfátu, glykogenu a vyznačuje se glykogenolýzou v rychlých svalových vláknech IIB. Glykolytické uvolňování energie pokrývá 1-2 minuty velmi intenzivní zátěže, ve veslování tedy počáteční a konečnou fázi závodu. Meziproduktem tohoto způsobu uvolňování energie je laktát. Jakmile jeho produkce převýší odbourávání, zůstává ve svalech. Podle některých teorií způsobuje snížení pH krve, čímž jsou omezovány procesy získávání energie a tím dochází ke zhoršení kontrakce, tuhost a bolestivost svalu. (Máček, Radvanský, 2011; Nilsen, 1988; Panuška, 2001)

Oxidativní fosforylace probíhá v pomalých svalových vláknech typu I. Dodaná energie je pomalejší, ale zato je závislá pouze na dostatečné dodávce kyslíku do mitochondrie. Ve veslařském závodě pokrývá 4-6 minut, tedy střední fázi. Zdrojem energie jsou pro oxidativní fosforylaci volné mastné kyseliny (FFA) z intramyocytárních i tukových zásob a krevní glukóza uvolněná z jaterního glykogenu. Při veslařském závodě na 2000 m se využívá pouze štěpení glykogenu, neboť k využití tuků jako zdroje energie dochází až po delší době. Lipidového metabolismu je využíváno při tréninku. (Máček, Radvanský, 2011; Nilsen, 1988; Zbořilová, 2017)

3.1.2.2 Charakteristika tréninkové zátěže

Veslařský trénink je založen na všeobecném adaptačním mechanismu. Jednotlivé tréninky představují stresový podnět, na který se organismus adaptuje a dochází tak ke zvyšování výkonnosti. Veslování na vrcholové úrovni vyžaduje vysokou úroveň síly a vytrvalosti, neboť během veslařského závodu na 2000 m sportovec provede více než 200 záběrů o vysoké intenzitě. (Nolte, 2011; Panuška, 2001; Zbořilová, 2017;)

Jak již bylo zmíněno, 70 – 85 % potřebné energie pro závod je dodáváno oxidativním způsobem. Z tohoto důvodu je vytrvalostní trénink nejdůležitější složkou přípravy veslařů. Panuška dělí aerobní trénink do čtyř pásem intenzit (viz Příloha 1) Takovýto přístup je využíván českou reprezentací. (Panuška, 2001)

Secher (1993) popisuje, že veslaři vyvinou na veslo sílu 800 až 900 N. Zjistil také, že existuje korelace mezi výkonností veslařů na vodě a maximální silou, kterou jsou schopni vyvinout. Na podporu silové vytrvalosti veslaře je proto nutné zvyšovat svalovou sílu. I když veslaři disponují velkou svalovou hmotou, využívají podobně jako vytrvalostní sportovci převážně pomalá svalová vlákna. (Panuška, 2001; Secher, 1993)

Veslaři mají vysokou kapacitu oxidativního metabolismu, a proto hladiny laktátu vypovídají o vytrvalostní kapacitě sportovce. Pomocí tohoto parametru lze tedy předpovědět výkonnost sportovce. S vyšším procentem pomalých svalových vláken se snižuje koncentrace krevního laktátu po vyčerpávajícím veslařském tréninku, a navíc jsou veslaři schopni vydat více síly na jeden záběr při koncentraci laktátu 4mmol/L. Nicméně ve vrcholovém sportu veslování nehraje roli pouze maximální oxidativní kapacita, ale i maximální anaerobní metabolický výkon. Kapacita glykolytického metabolismu se nemění u různě výkonných veslařů, ale u těch výkonnějších nacházíme vyšší procento laktátdehydrogenázy. To potvrzuje Nilsen, který říká, že trénink anaerobních schopností zlepšuje sportovci schopnost tolerance nahromaděného laktátu a zlepšuje mechanismy jak se ho zbavit. (Steinacker, 1993)

3.1.2.3 Vliv na kardiorespirační systém

Veslování je sport, který klade velké nároky na kardiorespirační systém. (Forbes, Game, Syrotuik, Jones, Bell, 2011) Minutová plicní ventilace u vrcholových veslařů dosahuje až 200 L/min (Nilsen, 1988) vrcholová výdechová rychlost přibližně 15 L/s a intenzita zatížení až 90 % VO_{2max} v průběhu simulovaného veslařského závodu na 2000 m. (Forbes et al., 2011)

Veslaři mají jednu z nejvyšších $VO_2\max$, které je ve veslování zároveň považován za jeden z prediktorů závodního úspěchu. Intenzivní vytrvalostní trénink zvyšuje počet mitochondrií jak v pomalých vláknech, tak v rychlých. Mezi $VO_2\max$ a hustotou mitochondrií je velmi úzký vztah (Nilsen, 1988). $VO_2\max$ veslařů na světové úrovni dosahuje 65 - 70 ml. min⁻¹. kg⁻¹. Pro jejich vysokou tělesnou hmotnost je jejich relativní $VO_2\max$ nižší než u ostatních vytrvalostních sportovců. (Steinacker, 1993)

V rámci adaptace na veslařský trénink dochází ke zvětšení srdce a k hypertrofii jeho stěny. To má za důsledek zvýšení tepového objemu, a tedy i zvýšení kapacity pro transport kyslíku. Vlivem tréninku klesá produkce katecholaminů. To má za následek snížení srdeční frekvence a krevního tlaku v klidu i v submaximální zátěži, což svědčí o trénovanosti. Trénovaný veslař se dostává až na 32-40 L/min na minutového srdečního výdeje, k pracujícímu svalu se dostane až 8 L kyslíku za minutu. Navíc trénování vytrvalostní sportovci mají větší objem krve a vyšší počet červených krvinek než netrénovaný jedinec až o 16 %. Tréninkem dochází ke zrychlení toku krve k pracujícímu svalu, neboť arterie vedoucí krev do oblastí s vyšší potřebou kyslíku se dilatují. (Máček, Radvanský, 2011; Nilsen, 1988)

3.1.2.4 Vliv na pohybový aparát

Svalový systém má největší potenciál pro zlepšení aerobního metabolismu. Tréninkem jsou na sval kladeny nároky na zefektivnění využití kyslíku svalovými vlákny. Dochází k hypertrofii zvýšením objemu jednotlivých svalových vláken (Steinacker, 1993) jak rychlých, tak pomalých a zvyšuje se kapilarizace okolo svalového vlákna. To umožní vyšší dodávku krve, a tudíž i kyslíku do buňky. Díky tomu se zlepšují mechanismy využití kyslíku probíhající ve svalové buňce. (Nilsen, 1988)

Vytrvalostním zatížením svalu dochází k tzv. „fast-to-slow fiber type transition“, to znamená, že vlákno je schopné se z rychlého svalového vlákna vlivem tréninku přeměnit přes střední (typu IIc) na pomalé svalové vlákno. (Máček, Radvanský, 2011)

3.2 Dýchání

3.2.1 Anatomie a funkce dýchacího systému

Dýchací cesty dělíme na horní a dolní. Horní cesty dýchací zahrnují nosní dutiny, nosohltan a hltan. Vzduch z hltanu prochází hrtanem, průdušnicí až do průdušek. Tato oblast pod hrtanem je nazývána jako dolní cesty dýchací.

3.2.1.1 *Horní cesty dýchací*

Nadechujeme i vydechujeme nosem. V nosní dutině (*cavitas nasi*) se vzduch filtruje, ohřívá a sytí vodní parou. Funkcí nosní dutiny je mechanická bariéra proti nečistotám. V dětském věku je mechanickou bariérou také nepárová nosohltanová mandle (*tonsilla pharyngea*).

Nádech může proběhnout i skrz dutinu ústní (*cavitas oris*). Ústy dýcháme při fyzickém výkonu nebo v případě neprůchodnosti nosu. Výhodnější je nadechovat nosem, neboť celé dýchací ústrojí, počínaje nosem, je pokryto řasinkovým epitelem, který tvoří bariéru proti nečistotám a původcům nemocí. Dutina ústní je součástí trávicího traktu, která je kryta dlaždicobuněčnou sliznicí. Řasinkový epitel zde tedy chybí. Jediným místem v ústní dutině s imunitní funkcí jsou párové mandle (*tonsillae palatinae*). Z nosní i ústní dutiny se vzduch dostává do hltanu (*pharynx*). Hltan je místo, kudy prochází potrava do jícnu (*oesophagus*). Aby se tak stalo, je nutné, aby se sklopila chrupavčitá záklopka epiglottis, čímž se uzavře vstup do hrtanu (*larynx*). (Douda, Kachlík, Hudák, 2013; Brázda, 2013; Slavíková, Švíglerová, 2012)

3.2.1.2 *Dolní cesty dýchací*

Vzduch z hltanu postupuje do hrtanu. Hrtan je dutý chrupavčitý orgán zavěšený na jazylce (*os hyoideum*). Skládá se z chrupavek, které jsou vzájemně spojeny vazy a klouby. Obsahuje hlasivkové vazy (*ligamenta vocalia*), které odděluje štěrbinou nazývaná glottis. Její šířka se mění jak v průběhu polykání, tak v průběhu dýchání. Při nádechu se rozšiřuje, při výdechu zužuje - to kontrolují příčně pruhované svaly. Dále vzduch proudí do průdušnice (trachea), která je uložena ventrálně od jícnu. Je složená z 15-20 hyalinních, podkovovitých chrupavek, které jsou dorzálně otevřené a spojené vazivověsvalovou membránou. Počínaje tracheou se dýchací cesty větví zpravidla dichotomicky. *Bifurcatio tracheae* je rozdělení průdušnice na pravou a levou hlavní průdušku (*bronchi principales*). Pravá průduška se dále dělí na tři a levá na dvě lalokové průdušky (*bronchi lobares*), které se dále na obou stranách dělí na segmentální průdušky (*bronchi segmentales*), které pokračují jako průdušinky (*bronchioli*). Ty se poté větví na terminální a respirační průdušinky (*bronchioli terminales et segmentales*). Do úrovně respiračních bronchiolů je anatomický mrtvý prostor, jehož funkcí je přivádět vzduch do míst, kde probíhá výměna plynů, tzn. do alveolárního prostoru. Na respirační bronchioly, které jsou prvním místem výměny plynů, navazují alveolární chodbičky a

váčky (*ductuli et sacculi alveolares*), na které nasedají plicní sklípky (*alveoli pulmonis*). Tato oblast, kterou ventiluje jeden respirační bronchus je nazývána jako acinus. (Douda et al., 2013; Mlček, 2011; Slavíková, Švíglerová, 2012)

3.2.1.3 *Plíce*

Plíce jsou párové orgány uložené v pravé a levé pohrudniční dutině. Plicní tkáň je tvořena průduškovým stromem (*arbor bronchialis*), vazivem (plicní intesticiem), cévami, nervy a mízními uzlinami. Pravá plíce má tři laloky a deset segmentů, levá plíce dva laloky a obvykle devět segmentů. Plíce jsou elastické a mají tendenci kolabovat. Za fyziologických podmínek jsou rozepjaté a přiléhají ke stěně hrudníku. Na plicích se rozprostírá poplicnice (*pleura visceralis*) a vnitřní plochu hrudní dutiny vystýlá pohrudnice (*pleura parietalis*). Mezi nimi je pohrudniční dutina (*cavitas pleuralis*), která je vyplněna tenkou vrstvou pleurální tekutiny. Díky tomu je umožněna skluznost pohrudnice a poplicnice v průběhu dýchání a také udržení podtlaku v pohrudniční dutině. (Douda et al., 2013; Mlček, 2011)

3.2.2 *Fyziologie dýchání*

Podle převzaté definice z MESH, PubMed (2018): „Respirace je akt dýchání plicemi, při kterém dochází k inhalaci neboli nasátí vnějšího okolního vzduchu do plic a exhalaci neboli vypuzení změněného vzduchu, který obsahuje více CO₂, než vzduch, který byl nasát.“

Zevní dýchání se uskutečňuje mechanismy ventilace, distribuce, perfuze a difuze, které musí být stále v rovnováze. Respirace je rychle a přesně řízena, neboť se jedná o vitální funkci. Řízeno je především autonomně, nicméně lze ovlivnit vůlí. Nejcitlivějším mechanismem pro regulaci dýchání je parciální tlak CO₂, který je registrován centrálními a periferními chemoreceptory. Cílem je držení paCO₂ na 40 mmHg, čímž je automaticky zajištěn přívod O₂. Základní řízení respirace zajišťují dýchací centra v prodloužené míše a Varolově mostu. Generují rytmus, upravují ho podle koncentrace CO₂ v krvi a podle rozpětí plic. (Mlček, 2011)

3.2.2.1 *Fyziologie dýchání v zátěži*

V počáteční fázi zátěže se dýchání zrychluje a prohlubuje. Dechová frekvence se zvyšuje přibližně na 30-40 a více dechů za minutu a dechový objem se zvyšuje do chvíle dosažení rovnovážného stavu. Je velmi důležité, jaké úsilí je nutné vynaložit

na ventilaci, proto jedinec dýchá takovou frekvencí a takovými dechovými objemy, aby dechová práce byla co nejméně náročná (Máček, Radvanský, Slabý, Procházka, 2012). Za patologických situací a při hyperventilaci v zátěži dochází k nárůstu práce dýchání. Tato práce je vynaložena na překonání odporu dýchacích cest, distenzi plic, na pohyby hrudníku a tedy na proudění vzduchu. (Mlček, 2011) Minutová ventilace se do úrovně anaerobního prahu zvyšuje lineárně, nad touto úrovní se vzestup ventilace stává strmým. (Máček et al., 2012)

3.2.3 Biomechanika dýchání

3.2.3.1 Kinematika hrudníku

Hrudník je elastický a pevný orgán ve kterém se nachází orgány mediastina a tvoří oporu pro svaly, které zabezpečují dýchací pohyby. Tvar hrudníku určuje hlavně sklon a zakřivení žeber. Ta v klidové poloze hrudníku směřují kaudálně a ventrálně. Jsou zakřivena plošně po obvodu hrudníku, podél dolní hrany a torzí žebra, kdy je dorzální část žebra postavena vertikálně a ventrální část žebra horizontálně. (Douda et al., 2013, Dylevský, 2009)

Pro kinetiku hrudníku je důležitou součástí poloha páteře. Při anteflexi trupu se hrudník dostává do expiračního postavení, neboť žebra klesají kaudálně a mezižeberní prostory se zužují, naopak při retroflexi trupu se hrudník dostává do inspiračního postavení. Z toho vyplývá, že pohyby hrudní páteře mají vliv na dýchání, a naopak dýchání má vliv na pohyb páteře. (Dylevský, 2009)

Tento fakt ovšem není pravidlem při veslování. Bateman et al. (2006) pomocí „nasal thermistor technique“ vyhodnotil souvislost mezi dechem a kinematikou těla v průběhu veslování. Timing dýchání v průběhu veslařského tempa je pro každého individuální, nicméně většina ve studii testovaných veslařů využívá dechový vzor dvou dechů za jedno veslařské tempo. U většiny veslařů se ukazuje, že v průběhu tahové fáze dochází k expiriu, na začátku relaxační fáze k inspiriu a druhý dechový cyklus se odehrává ve zbylé části relaxační fáze. Na Obrázku 1 a 2 je ukázáno procentuální rozložení nádechu a výdechu v průběhu veslařského tempa. Bylo dokázáno, že veslaři s většími zkušenostmi dokáží dech lépe synchronizovat s provedením veslařského tempa. (Bateman, McGregor, Bull, Cashman, Schroter, 2006)

Subject	Percentage of the rowing stroke			
1	15 (e)	35 (i)	60 (e)	93 (i)
2	10 (e)	35 (i)	60 (e)	90 (i)
3	3 (i)	23 (e)	42 (i)	77 (e)
4		4 (e)	54 (i)	

Obrázek 1. Průměrný timing fází dýchání v průběhu 10minutového veslování u 4 vrcholových veslařů (Bateman et al., 2006)

(i, začátek inspiria; e, začátek expiria)

Subject	Percentage of the rowing stroke					
5	8 (e)	34 (i)	63 (e)	83 (i)		
6	10 (e)	36 (i)	70 (e)	99 (i)		
7	7 (e)	39 (i)	69 (e)	86 (i)		
8	13 (e)	36 (i)	64 (e)	90 (i)		
9	16 (e)	40 (i)	64 (e)	91 (i)		
10	10 (e)	39 (i)	67 (e)	87 (i)		
11	9 (e)	20 (i)	32 (e)	50 (i)	77 (e)	99 (i)

Obrázek 2. Průměrný timing fází dýchání v průběhu 10minutového veslování u 7 „seniorských“ veslařů (Bateman et al., 2006)

(i, začátek inspiria; e, začátek expiria)

3.2.3.2 Dýchací svaly

Mezi hlavní nádechové svaly patří bránice (*diaphragma*) a zevní mezižeberní svaly (*mm. intercostales externi*). (Dylevský, 2009) Dle Véleho (2006) také *mm. levatores costarum*. Při usilovném dýchání se kromě bránice a zevních mezižeberních svalů aktivují také auxiliární neboli pomocné nádechové svaly. Mezi ně patří *mm. scaleni*, *m. sternocleidomastoideus*, *mm. suprahyoidei* et *infrahyoidei*, *m. serratus posterior superior*, *mm. pectorales*, *m. serratus anterior*, *m. latissimus dorsi* (Dylevský, 2009) Dle Douady et al. (2013) mezi auxiliární inspirační svaly patří také *m. serratus posterior inferior*.

Hlavními expiračními svaly jsou *mm. intercostales interni et intimi*, *m. transversus thoracis* a *mm. subcostales*. (Douady et al., 2013, Dylevský, 2009) Dle Véleho (2006) jimi jsou *mm. intercostales externi* a *m. sternocostalis*. Mezi auxiliární expirační svaly patří *mm. abdominis*, *m. iliocostalis*, *m. erector spinae*, *m. serratus*

posterior inferior a *m. quadratus lumborum*. (Dylevský, 2009) „Výdech (expirium) je převážně pasivní proces, který je zajišťován pružností plicního vaziva a elasticitou hrudní stěny“ (Dylevský, 2009, 95) Nicméně v průběhu fyzické zátěže, při usilovném výdechu, dochází k zapojení těchto expiračních svalů. (Douda et al., 2013)

3.2.3.3 *Dýchací pohyby*

“Dýchací pohyby slouží ventilaci plic, ale mají vliv na posturální funkci a na držení těla” (Véle, 2006, 227). Sledujeme je ve třech sektorech. (Véle, 2006)

Nádech začíná v břišním sektoru. Při klidném dýchání zvětšení objemu hrudníku a plic zajišťuje z 60 - 70 % bránice (Slavíková, Švíglerová, 2012). Bránice se aktivně snižuje, čímž stlačuje orgány dutiny břišní, intraabdominální tlak stoupá a břišní stěna se mírně vyklenuje. Na tomto zvýšení tlaku se podílí jak bránice, tak svaly břišní stěny a pánevního dna. Poté se nádechová aktivita posouvá do středního sektoru, kde dochází k laterolaterálnímu pohybu žeber, neboť jejich osa rotace je v sagitální rovině. Nakonec se pohyb šíří do horního sektoru, kde dochází k elevaci žeber, neboť zde je osa rotace spíše ve frontální rovině. Při klidovém dýchání horní sektor do dechové vlny není zavzat. Takováto za sebou jdoucí aktivace se nazývá dechovou vlnou. (Dylevský, 2009; Véle, 2006)

U většiny lidí převládá brániční nebo kostální dýchání. Brániční typ se vyznačuje aktivitou bránice, dolní a hrudní dutina se rozšiřují do všech stran, sternální kost se pohybuje ventrálně, mezižeberní svaly se rozšiřují a pomocné dýchací svaly jsou relaxovány. Při kostálním dýchání se sternum pohybuje kраниокаудálně, hrudník ani mezižeberní prostory se příliš nerozšiřují a pomocné dýchací svaly jsou aktivní. (Valouchová, Kolář, 2009)

Výdech je děj pasivní. Probíhá také od dolního sektoru po horní. Dochází ke snížení napětí svalů, bránice se vyklenuje zpět a dutina hrudní se zmenšuje. Pomocné výdechové svaly pracují v “partnerské souhře” s bránicí a mají tedy jak dechový, tak posturální stabilizační význam. (Véle, 2006)

3.2.3.4 *Základní mechanika respirace*

V klidové poloze - tzn. po výdechu a před nádechem - jsou plíce ve středním postavení. Předtím, než vstoupí v činnost bránice, začíná pasivní nádech - aktivitou expiračních svalů po předchozím nádechu se aktivně zmenší IRV a jakmile tyto svaly

relaxují, začne klesat intrathorakální tlak, čím se začne ještě před kontrakcí bránice zvyšovat objem hrudníku. (Kolář, 2009, 256) Vlivem kontrakce bránice klesá intrapulmonální tlak pod hodnotu atmosférického tlaku a vzduch proudí do plic. To probíhá do chvíle vyrovnání tlaků mezi plícemi a atmosférou. Poté následuje výdech, který je při klidném dýchání pasivním dějem, to znamená, že nádechové svaly jednoduše relaxují. Hrudník a plíce zmenšují svůj objem díky vlastní elasticitě. Intrapulmonální tlak převyšuje atmosférický a vzduch proudí z plic do atmosféry. Při zátěži nebo patologických stavech se do výdechu zapojují také expirační svaly. (Mlček, 2011; Slavíková, Švíglerová, 2012)

3.3 Funkční vyšetření plic

Funkční vyšetření plic slouží ke stanovení diagnózy, k monitorování léčby, ke stanovení prognózy a ke sledování průběhu onemocnění. Využívá se také jako předoperační vyšetření pro určení rizika, pro posudkové účely, pro preventivní a výzkumné účely. (Fišerová, 2004; Musil, Plaček, 2005)

3.3.1 Spirometrie

Spirometrie je metoda, pomocí které se hodnotí plicní funkce. Je to základní funkční vyšetření funkce plic, které se nejčastěji využívá k diagnostice nebo ke sledování průběhu plicního onemocnění. Informuje nás o průchodnosti dýchacích cest a o stavu plicního parenchymu. Pomocí tohoto vyšetření získáme statické a dynamické parametry. U statických testů jsou registrovány objemy nadechovaného a vydechovaného vzduchu a není sledován vztah k času. Dynamické plicní objemy naopak sledovány ve vztahu k času jsou a vyšetřují se v průběhu usilovného dýchání. Naměřené hodnoty jsou zaznamenávány do spirometrické křivky, tzv. spirogramu, který v souřadnicovém systému vyjadřuje závislost objemu na čase. Využívanější je dnes ale křivka průtok-objem, neboli flow-volume křivka, která je vyjádřením průtoku vzduchu dýchacími cestami a objemem usilovně nadechovaného a vydechovaného vzduchu. Limitujícím faktorem spirometrie je nutnost dýchání skrz náustek a klip na nos, které ovlivňují přirozený dechový cyklus. (Musil, Plaček, 2005; Satinská, 2004; Slavíková, Švíglerová, 2012; Vyškovský, 2014)

3.3.1.1 Statické plicní objemy

„Statické objemy a kapacity jsou hodnoty udávající objem plynu v plicích při různých dechových polohách“ (Štěpáník, 2004) Ze spirometrického vyšetření získáme hodnoty přímo měřitelné. Pro stanovení nepřímo měřitelných hodnot, kterými jsou RV a FRC musí být spirometr vybaven analyzátozem plynu, jehož pomocí je možné tyto hodnoty změřit. (Štěpáník, 2004)

Dále zmíněné hodnoty závisí na věku, zdravotním stavu a trénovanosti jedince. Dechový objem (VT) je u zdravého jedince přibližně/průměrně 0,5 L. Spojením více objemů získáváme tzv. plicní kapacity.

Plicní objem	objem	Zkratka
Dechový objem	vzduchu, který je vydechnutý nebo nadechnutý jedním klidovým výdechem nebo nádechem	VT
Inspirační rezervní objem	který je možné nadechnout po klidovém nádechu	IRV
Expirační rezervní objem	který je možné vydechnout po klidovém výdechu	ERV
Reziduální objem	vzduchu, který zůstává v plicích po maximálním výdechu	RV

Tabulka 1. Přehled plicních objemů (Musil, Plaček, 2005)

Plicní kapacita	objem	Skládá se z
Vitální kapacita plic (VC)	Maximální objem, který je možné maximálním úsilím vydechnout po maximálním nádechu, nebo který je možné maximálním úsilím nadechnout po maximální výdechu	VT + IRV + ERV
Inspirační kapacita (IC)	který je možné nadechnout maximální inspiračním úsilím po předchozím klidném výdechu	VT + IRV
Funkční reziduální kapacita plic (FRC)	Množství vzduchu, které zůstane v plicích po klidném výdechu	ERV + RV
Celková kapacita plic (TLC)	vzduchu v plicích po maximálním nádechu	IRV + VT + ERV + RV

Tabulka 2. Přehled plicních kapacit (Musil, Plaček, 2005; Vyškovský, 2014)

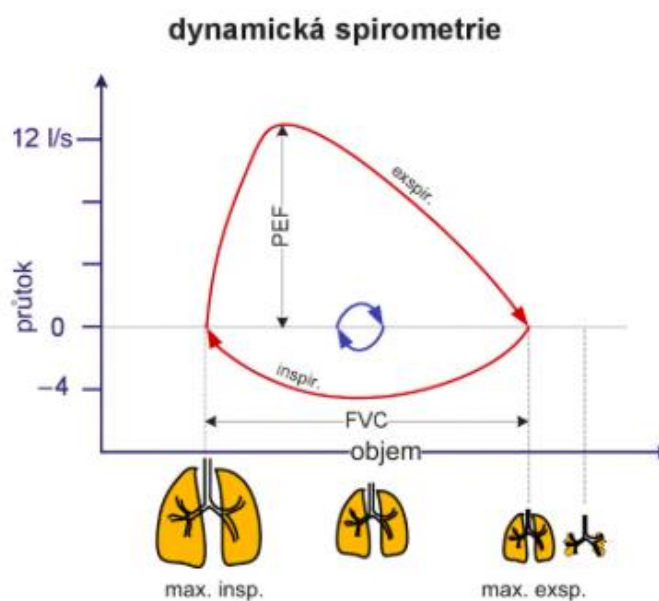
Klidová dechová frekvence dosahuje 15 dechů na minutu. Spolu s dechovým objemem tvoří minutovou ventilaci. Ta je za normálních podmínek 7,5 L za minutu, z tohoto množství se ale alveolární ventilace účastní pouze 5 L. Při tělesné zátěži dochází ke zvýšení minutového výdeje. U trénovaných je to v důsledku zvýšení dechového objemu, u netrénovaných v důsledku zvýšením dechové frekvence. (Vyškovský, 2014)

3.3.1.2 Dynamické plicní objemy

K určení dynamických plicních parametrů se používají dvě metody. Křivka průtok-objem a křivka objem-čas. Pro získání vypovídajících výsledků by měla být dodržena určitá kritéria:

- Zaznamenání 3 pokusů
- Expirační část křivky by měla být hladká bez nepravidelností
- Naměřit alespoň 2 hodnoty FEV1 které se liší maximálně o 100ml
- Záznam tak dlouhý, aby bylo při výdechu dosaženo plateau

První z metod se nazývá průtok-objem neboli flow-volume. Tato křivka jsou graficky zaznamenány výdechové rychlosti (průtoky) při usilovném výdechu. Z této křivky se stanovuje průchodnost dýchacích cest. (Štěpáník, 2004)



Obrázek 3. Křivka průtok-objem (flow-volume) (Kittnar, 2000)

Z dynamických plicních objemů se sledují tyto parametry (vyjadřovány v $L \cdot s^{-1}$):

Zkratka	Parametr	Definice
FVC	Usilovná vitální kapacita	Objem vzduchu vydechnutého s maximálním úsilím a úplností po maximálním nádechu
FEV1	Usilovně vydechnutý objem	Objem vzduchu vydechnutý s maximálním

	za 1 sekundu	úsilím a rychlostí za 1 s po maximálním nádechu
PEF	Vrcholová výdechová rychlost	Maximální výdechová rychlost, které bylo dosaženo při usilovném výdechu provedeném po maximálním nádechu
FEV1/FVC	Poměr expirační sekundové kapacity k usilovné vitální kapacitě	Poměr mezi objemem vzduchu, který je vydechnut za 1 s maximálním úsilím a rychlostí po maximální nádechu a objemem vzduchu, který je možno po maximálním výdechu nadechnout
MEF, FEF 20-75	Usilovný střední expirační průtok	Průměrný expirační průtok během střední poloviny FVC

Tabulka 3. Dynamické plicní objemy (Musil, Plaček, 2005; Vyškovský, 2014)

3.3.2 Spiroergometrie

Spiroergometrie je komplexním vyšetřením kardiopulmonální zdatnosti. Je to typické zátěžové vyšetření, kdy má vyšetřovaný masku nebo náustek, přes které dýchá a dochází k analýze vydechovaných plynů. Provádí se nejčastěji na bicyklovém ergometru, je však možné vyšetření provést i na veslařském trenažeru nebo na běhátku. Existují dva hlavní způsoby testování fyzické zátěže. Testování se vzestupnou zátěží se využívá pro diagnostické důvody a test s konstantní zátěží se využívá u dlouhodobého sledování jedince nebo při hodnocení terapeutických intervencí. Využívá se také ke stanovení ventilačního anaerobního prahu a podle něj se určuje tréninková tepová frekvence. Umožňuje také určit, zda vyšetřovaný dosáhl svého metabolického maxima, jinými slovy, jestli neukončil test předčasně. (Chlumský, 2016; Plaček, 2005)

Při vyšetření se snímá EKG a provádí se analýza výdechových plynů. Vyšetřením se také získávají informace o vydechovaném objemu vzduchu, o krevní tlaku, o saturaci krve kyslíkem měřenou pulzním oxymetrem. Spiroergometrie také umožňuje změřit např. maximální výkon (W'_{max}), tepový kyslík $V'O_2/SF$, respirační kvocient (RER) a anaerobní práh (ANP). Výhodou tohoto vyšetření také je, že získané hodnoty lze kontinuálně porovnávat s aplikovanou zátěží a srovnávat s příslušnými normami. Tyto základní parametry jsou získávány zcela neinvazivně, v případě potřeby a indikace se dají využít i invazivní metody. (Máček, Radvanský, 2011; Musil, Plaček, 2005)

3.3.3 Vyšetření inspiračního tlaku

Měření inspiračního tlaku spolu s tlakem expiračním patří mezi základní globální vyšetření síly respiračních svalů. Měřený je v poloze napřímeného sedu, v ústech má náustek rigidní či s obrubou a na nose klip. Maximální inspirační tlak je měřen v dýchacích cestách v průběhu maximálního statického nádechového úsilí v ústech. Tento manévr je známý jako Müllerův. Je iniciován z RV nebo FRC. (Maximální expirační tlak je známý jako Valsalvův manévr, se měří během maximálního výdechového úsilí. Měření se provádí 3 - 5krát s minutovou pauzou mezi pokusy a pacient tento tlak musí udržet alespoň 1 sekundu. Naměřené hodnoty se využívají pro stanovení diagnózy neuromuskulárních onemocnění a pro určení síly dýchacích svalů. (Hart et al., 2001; Máček, 1995; Žurková, Shudeiwa, 2012)

3.4 Trénink inspiračních svalů

3.4.1 Trénink respiračních svalů

V případě, že dojde ke změně stereotypu dýchání nebo k oslabení dýchacích svalů, se pro jejich lepší zapojení do procesu dýchání využívá respiračních trenažerů. Ty kladou odpor buď proti nádechu nebo proti výdechu - záleží, co je cílem ovlivnit. Dechové trenažery používají primárně pacienti s respiračním onemocněním v chronické fázi, kdy je využívají ke zdokonalení technik dýchání v rámci programu respirační fyzioterapie (RFT). Před využitím dechových trenažerů je nutné nastavit hodnotu odporu, kterou pacient bude tolerovat, proto se před započítím tréninku pomocí trenažerů vyšetřují maximální inspirační a expirační ústní tlaky. Počet dechů a doba trvání tréninku jsou stanoveny dle zdravotního stavu a při používání trenažerů nesmí docházet k patologickým souhybům. (Neumannová, Zatloukal, Koblížek, 2014; Smolíková, 2010)

Trénink respiračních svalů (dále pouze RMT) má také pozitivní vliv na zdravé jedince (Illí, 2012), proto se jeho využití šíří i mezi sportovci. Hlavním očekávaným efektem je zvýšení vytrvalostních schopností, a to nehledě na typ RMT nebo na sport. Ukázalo se, že méně zdatní jedinci z RMT těží více než trénovaní jedinci. A že k významnějšímu zlepšení dochází při delších trváních zátěže na nižších intenzitách, než je požadovaný práh, kde se rozvíjí únava respiračních svalů. To je přibližně na 85 % VO_{2max} . (Illí, 2012; HajGhanbari, 2013) Při tréninku inspiračních svalů s vyšším odporem než 70 % PI_{max} , dochází k časně únavě dolních končetin (McConnell, Lomax,

2006)

Dle cíle terapie se jednotlivé druhy tréninku dělí na silový trénink, který je vykonáván o vyšší intenzitě kratší čas, na 30 - 80 % PI_{max} či PE_{max} , a vytrvalostní trénink, který je prováděn na nižší intenzitě, delší čas, na 15-30 % PI_{max} nebo PE_{max} . (Neumannová et al., 2014)

3.4.2 *Dechové trenažery*

Jak již bylo zmíněno, dechové trenažery jsou primárně využívány pacienty s respiračním onemocněním v chronické fázi, u kterých se jich využívá v rámci respirační fyzioterapie. Dělí se podle účelu na inspirační a expirační. (Smolíková, 2010)

Inspirační trenažery se opět dle účelu dělí na:

- aparátky určené pro nácvik plynulého průtoku vzduchu v průběhu nádechu: CliniFlo, Treshold IMT, POWERbreathe
- aparátky, pomocí kterých dochází k ovlivnění plynulosti průtoku nadechovaného vzduchu spolu s postupně se zvyšujícím dosaženým objemem na konci nádechu: Coach 2, Voldyne

Pomocí inspiračního typu trenažeru dochází ke zlepšení ventilace a ekonomiky práce inspiračních svalů, ke zdokonalení dechové techniky (např. pro efektivnější provedení inhalace) a pomáhají změnit konfigurační proporce hrudníku tím, že snižují svalové napětí těchto svalů, čímž se také předchází jejich chronické únavě. Využívají se také pro usnadnění expektorace při neefektivní nádechové fázi kašle. (Neumannová et al., 2014; Smolíková, 2010)

Expirační trenažery mají více účinků. Jedním z nich je podpora expektorace. Při neefektivní výdechové fázi kašle napomáhají zvýšení síly výdechových svalů. Patří mezi ně tresholdPEP, therPEP a pariPEP S-systém. Při stagnaci bronchiální sekrece pomocí vibračních výdechových trenažerů dochází k odlepení a posunutí hlenu do centrálních bronchů. Mezi tyto vibrační výdechové aparátky patří PARI O-PEP, RC-Cornet a acapella. Ty pomáhají obnovit ventilační funkce periferních dýchacích cest a zajistit lepší flexibilitu stěn bronchu se současnou prevencí jejich kolapsu. (Neumannová et al., 2014; Smolíková, 2010)

U zdravých jedinců jsou dechové trenažery využívány pro zvýšení výkonnosti. Nejčastěji jsou využívány u sportovců. (HajGhanbari, 2013)

3.4.3 Inspirační trenažer *POWERbreathe*

POWERbreathe je volně prodejný trenažer inspiračních svalů. Jedná se o přístroj s konstantním odporem, který má podle výrobců sloužit k posílení hlavních nádechových svalů - bránice a zevních mezižeberních svalů. Očekává se, že tréninkem inspiračních svalů (dále pouze IMT) pomocí tohoto přístroje dojde ke zlepšení jejich síly a výkonnosti jak u pacientů s respiračním onemocněním, tak u sportovců. (Hart et al., 2001)



Obrázek 4. Inspirační trenažer POWERbreathe Plus (www.powerbreathe.com)

Používáním přístroje POWERbreathe dochází k překonávání odporu nádechových svalů, které rozepínají hrudník při nádechu. Úsilí vyvinuté pro překonání tohoto odporu ovšem musí být kontrolované, specifické a opakované v pravidelných intervalech. (Nepomuceno Júnior, Gómez, Gomes Neto, 2016)

Existují 2 typy přístroje POWERbreathe - mechanický a elektronický. Mechanický trenažer POWERbreathe Classic první generace a druhé POWERbreathe Plus jsou k dostání ve 3 typech, které se liší dle odporu - light, medium a heavy. Na přístrojích první generace POWERbreathe Classic lze nastavit odpory od 10–250 cmH₂O a na přístrojích druhé generace POWERbreathe Plus od 17–274 cmH₂O. Výrobci uvádí, že pomocí přístroje druhé generace dochází ke zvýšení průtoku vzduchu o 65 %. Trenažery POWERbreathe K-series, jsou elektronické trenažery třetí generace. Obsahují auto-optimalizační technologii řízení nádechového odporu, odpor lze však nastavit také manuálně. U obou typů je kontraindikováno přístroj používat u pacientů s asthma bronchiale, kteří mají snížené vnímání symptomů, nebo časté a silné exacerbace dušnosti, u jedinců trpících na prasklý bubínek nebo na jiná onemocnění ucha, u pacientů se zvýšeným end-diastolickým objemem a u jedinců, u kterých se po IMT objeví či zhorší příznaky srdečního selhání.

U pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí (CHOPN) studie ukázaly, že používáním POWERbreathe došlo k celkově lepší toleranci cvičení, ke zvýšení výkonnosti při cvičení, k snížení dušnosti, ke snížení strávených dnů na lůžku v nemocnici. (Bostock-Cox, Beverley, 2015)

3.4.3.1 Trénink inspiračních svalů pomocí POWERbreathe u vrcholových sportovců

Výzkumy prováděné na sportovcích se liší v době trvání od 4 do 11 týdnů, většina studií ale využívala standardizovanou frekvenci IMT: odpor proti 50 % PI_{max} , sérii 30 nádechů opakovaných 2x denně. (Nepomuceno Júnior et al., 2016)

Studie ukazují, že tréninkem inspiračních svalů pomocí inspiračního trenažeru POWERbreathe, se v porovnání s kontrolní skupinou zvyšuje PI_{max} a v kombinaci se sportovním tréninkem také výkonnost, zároveň dochází ke zvýšení subjektivní tolerance zátěže (Borgova škála).

V průběhu maximálního výkonu sportovce se v důsledku zvýšené práce dýchacích svalů a jejich únavy aktivuje tzv. metaboreflex. V nádechových svalech se kumuluje laktát, který prostřednictvím aferentních vláken zvyšuje aktivitu sympatiku. Ta dále způsobuje vazokonstrikci v pracujících svalech. Tím se v nich snižuje perfuze i spotřeba kyslíku a dochází tak k rychlejší únavě svalů dolních končetin v průběhu maximální zátěže, což ústí v její časnější ukončení. Ukázalo se, že IMT snižuje rozvoj únavy dýchacích svalů, snižuje koncentraci laktátu v průběhu zátěže a snižuje aktivaci sympatiku (HajGhanbari, 2013). Tím dochází ke zmírnění nebo oddálení metaboreflexu a zvýšení vytrvalostní kapacity sportovce. (Harms et al., 2000; Seals, 2001; Witt, Guenette, Rupert, McKenzie, Sheel, 2007)

Vlivem IMT dochází ke snížení srdeční frekvence a středního arteriálního tlaku při submaximálních intenzitách zátěže. Snížená kardiovaskulární odpověď je přičítána snížené aktivitě chemicky senzitivních aferentních vláken, které inervují inspirační svaly. Takový efekt může být také způsoben zvýšenou oxidativní kapacitou inspiračních svalů, nebo vymizelou či sníženou citlivostí vláken (typu III. a IV.) na chemické stimulanty, která vznikla opakovaným vystavením akumulovaným metabolitům při IMT. (Witt et al., 2007) Díky tomuto zjištění Witt et al. (2007) předpokládají, že IMT má potenciál pro zlepšení celkového výkonu.

3.4.3.2 *Trénink inspiračních svalů u vrcholových veslařů*

Na téma tréninku inspirační svalů u vrcholových veslařů bylo vypracováno několik studií s rozporuplnými výsledky.

Převzali jsme metodologii ze studie „Inspiratory muscle training improves rowing performance“ (Volianitis, 2001), ve které byl sledován vliv IMT na 14 vrcholových veslařkách po dobu 11 týdnů. Všechny 14 veslařek bylo náhodně rozdělených na dvě skupiny – jedna podstoupila IMT pomocí inspiračního trenažeru POWERbreathe, 30 nádechů proti 50 % odporu jejich PI_{max} dvakrát denně. Druhá placebo skupina používala stejný přístroj, ale prováděli 60 nádechů proti odporu rovnému 15 % jejich PI_{max} 1krát denně. Efekt intervence byl vyhodnocován stále stejnou baterií testování po 4 a 11 týdnech IMT. Testování bylo započato na konci října, což je první měsíc přípravy pro nadcházející veslařskou sezónu. Všichni probandi byli členy národního týmu a účastnili se závodů minimálně 3–4 roky. Testování probíhalo vždy v podobné časy v průběhu dne, veslařky byly požádány držet svůj běžný jídelníček, aby v průběhu testovacích dnů nepožily nápoje obsahující kofein a aby den před testováním neprováděly vyčerpávající aktivity.

Na počátku provedli submaximální zvyšující se zátěž na veslařském trenažeru. Po submaximální zvyšující se zátěži následoval 6minutový test maximálního úsilí, který měl simulovat veslařský závod. Před a po veslařských testech, byla provedena spirometrie a měření PI_{max} , které byly měřené ve stoje. V průběhu zátěže probandky hodnotily také vynaložené úsilí pomocí Borgovy škály a byly jim odebírány vzorky krve z ušního lalůčku pro stanovení hodnot krevního laktátu. Po 4 týdnech podstoupili testování na 5000 m. (Volianitis et al., 2001)

Výsledky studie Volianitis et al. shrnuje Tabulka 4.

	IMT skupina	Placebo skupina
PI _{max} po 4 týdnech	Zvýšení o 40 ± 25 cmH ₂ O	Zvýšení o 5 ± 6 cmH ₂ O
PI _{max} po 11 týdnech	Celkové zvýšení o 44 ± 25 cmH ₂ O	Zvýšení o 6 ± 11 cmH ₂ O
6minutový test maximálního úsilí po 4 týdnech	Zlepšení o 3,4 ± 1,0 %	Zlepšení o 1,1 ± 0,4 %
6minutový test maximálního úsilí po 11 týdnech	Zlepšení od vstupního měření o 3,5 ± 1,2 %	Zlepšení o 1,6 ± 1,0 %
Čas k dovršení 5000 m testu po 4 týdnech	Čas klesl o 36 ± 9 s	Čas klesl o 11 ± 8 s
Čas k dovršení 5000 m testu po 11 týdnech	Nepublikováno	Nepublikováno
Ventilace v průběhu 6minutového testu maximálního úsilí	Zvýšení z 119,9 ± 12,8 na 122,5 ± 12,3 L/min (nicméně nedosahuje statistické významnosti)	Zvýšení z 120 ± 18,5 na 129,6 ± 13,4 L.min
Dechový vzor a dechový objem a dechová frekvence v průběhu 6minutového testu maximálního úsilí	Prohloubení dechu se zvýšením dechového objemu z 2,01 ± 0,16 na 2,16 ± 0,16 L Dechová frekvence se nezměnila výrazně – zvýšení pouze o 1,5 %	Dechový vzor se příliš nezměnil, tendence spíše k tachypnoe, se zvýšením dechové frekvence o 4,5 %

Tabulka 4. Výsledky studie „Inspiratory muscle training improves rowing performance“ (Volianitis et al., 2001)

Naproti tomu testováním 6týdenního IMT u vrcholových veslařů sice došlo ke zvýšení PI_{max}., ale v hodnotách před a po provedení testu maximálního úsilí na 2000 m, nebyly pozorovány výrazné změny ve VO₂max, vnímání dušnosti, akumulaci laktátu ani v čase potřebného na uražení 2000 m. (Riganas, Vrabas, Christoulas, Mandroukas, 2008).

3.4.3.2.1 Trénink respiračních svalů u vrcholových veslařů

Metaboreflex vzniká při zvýšené aktivitě jak nádechových, tak výdechových

svalů, a při vymizení tohoto reflexu dochází ke zvýšení výkonnosti, Griffiths a McConnell (Griffiths, McConnell, 2007) předpokládali, že oba, jak IMT, tak trénink expiračních svalů (dále pouze EMT) by měli zlepšovat sportovní výkon. Navíc efekt kombinace IMT/EMT by měl mít ještě větší výhody. Proto ve své studii porovnávají vliv 4týdenního samostatného IMT (pomocí přístroje POWERbreathe), samostatného EMT (pomocí přístroje POWERlung) a pro obě testované skupiny navazujícího 6týdenního kombinovaného IMT/EMT na výkonnost veslařů. Ukázal se efekt pouze samostatného IMT, kdy se zvýšil PI_{max} o 26 % a zlepšil se výkon v průběhu 6minutového testu na maximálním úsilí o 2,7 %. U samostatného EMT se sice zvýšil PE_{max} o 31 %, nicméně nedošlo k významnému zlepšení ve výkonu. Efekt kombinovaného IMT/EMT zůstal nejednoznačný. (Forbes et al., 2011; Griffiths, McConnell, 2007)

Ve studii, kterou v roce 2011 uveřejnil Forbes et al., testovali vliv 10týdenního kombinovaného IMT/EMT (pomocí POWERlung) v kombinaci se silovým a vytrvalostním sportovním tréninkem na plicní funkce a veslařský výkon. Výsledky byly porovnávány se skupinou používající stejný přístroj, která však trénovala IMT/EMT proti minimálnímu odporu. Aby mohlo být ověřeno, zda je RMT vhodným doplňkem pro běžný sportovní trénink, provedli studii mimo hlavní závodní sezónu. Veslaři absolvovali 3krát týdně silový trénink pomocí Power 5.1 software a 3krát týdně vytrvalostní trénink na veslařském trenažeru Concept II Model C. RMT spočíval v provádění tří sérií deseti dechů šest dní v týdnu. Vlivem EMT se zvýšil PI_{max} i PE_{max} a došlo k lepšímu zotavení expiračních svalů po zátěži oproti placebo skupině, nicméně nedošlo ke změně vnímání dušnosti, ani ke zlepšení veslařského výkonu na 2000 m. (Forbes et al., 2011)

A ve studii, kterou v roce 2013 uveřejnil Bell et al., testovali vliv 9týdenního samostatného IMT a samostatného EMT, oba v kombinaci se silovým a vytrvalostním sportovním tréninkem na kardiovaskulární systém a veslařský výkon. Jedincům, kteří podstoupili IMT, přístroj POWERlung kladl odpor pouze proti nádechu. U těch, kteří podstoupili EMT, tomu bylo naopak. RMT veslaři prováděli šest dní v týdnu tři série deseti dechů 2krát denně. Testování probíhalo opět mimo sezónu. Silový i vytrvalostní trénink byly prováděny 3krát týdně. Jak vlivem IMT, tak vlivem EMT v kombinaci se silovou a vytrvalostní zátěží došlo ke zlepšení času v simulovaném závodě na 2000 m. U obou skupin došlo ke stejnému zvýšení klidového i pozátěžového PI_{max} a PE_{max} , došlo také k významnému zvýšení síly testované pomocí cviků bench press a leg press, ke zlepšení minutové ventilace, dechového objemu a

ke zvýšení VO_2 peak. Mezi skupinami nedošlo k významným změnám v hodnotách naměřených na spirometrii. I když v závěru této studie autor uvádí, že nedošlo k významnému zlepšení výkonu na 2000 m, podle zveřejněných a již zmíněných výsledku můžeme usoudit, že u obou typů RMT došlo ke zlepšení plicních funkcí i veslařského výkonu. (Bell et al., 2013)

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Po dobu 11 týdnů jsme pracovali s třemi vrcholovými veslařkami. Všechny jsou reprezentantkami ČR. Dvě z nich jsou mistryněmi Evropy 2017 na dvojskifu, ve stejné posádce se zúčastnily Olympijských her v Rio de Janeiru. Po dobu těchto 11 týdnů absolvovaly IMT pomocí přístroje POWERbreathe. Před započítím a po ukončení tréninku jsme provedli kineziologické vyšetření, poté veslařky podstoupily testování, které bylo provedeno podle studie „Inspiratory muscle training improves rowing performance“ (Volianitis, 2001). Probandky podepsaly informovaný souhlas o zpracování údajů a o zveřejnění osobních informací.

4.1 METODIKA VYŠETŘENÍ

Před započítím IMT byla získána antropologická data, proveden kineziologický rozbor, funkční vyšetření plic, včetně měření PI_{max} a 6minutový test maximálního výkonu na veslařském trenažeru. Tato baterie testů byla zopakována i po ukončení sledovacího intervalu.

4.1.1 Kineziologický rozbor

- **Anamnéza**

Anamnestické údaje získány z přímého rozhovoru se sportovkyněmi.

- **Vyšetření celkové postury**

Aspekční vyšetření držení těla v sedě, ve stoji z předu, z boku a zezadu

- **Vyšetření modifikovaného stoje - Trendelenburgův test**

- **Vyšetření Adamsova testu**

- **Vyšetření dechového stereotypu a zapojení hlubokého stabilizačního systému páteře:**

- **Dýchací pohyby:** Aspekční hodnocení dýchání v sedě, pozorování dechové vlny. Palpační hodnocení dechových pohybů v sedě.
- **Dechová amplituda:** Stanovení amplitud dechových exkurzí hrudníku pomocí pásové míry v axilární, mezosternální, xifoideální linii a v poloviční vzdálenosti processus xyfoideus a umbiliku.

- **Vyšetření provokované posturální aktivity:** Pro zhodnocení funkčního zapojení hlubokého stabilizačního systému byly provedeny tyto 4 testy:

Brániční test: Testovaný je vsedě s napřímenou páteří. Sed na lehátku na celé ploše stehen, bérce volně visí, chodidla nemají oporu o podložku, HKK volně podél těla bez opory. Palpace v dorzolaterální pod dolními žebry, laterálně od paravertebrálních svalů. Jedince vyzývám k protitlaku proti mým prstům ve výdechovém postavení hrudníku. Sleduji, zda je schopen aktivace bránice spolu s břišními svaly, a zda je zapojení svalů symetrické.

Test nitrobřišního tlaku: Testovaný je vsedě s napřímenou páteří. Sed na lehátku na celé ploše stehen, bérce volně visí, chodidla nemají oporu o podložku, HKK volně podél těla bez opory. Palpace v oblasti třísla mediálně od *spina iliaca anterior superior* a nad hlavicemi kyčelních kloubů. Jedince vyzývám k protitlaku proti mým prstům a sleduji chování břišní stěny při zvýšení nitrobřišního tlaku.

Test polohy na čtyřech: stoj s oporou o dlaně a přední část chodidel – na hlavičkách 1. a 5. metatarzu. Opora chodidel na šíř ramen. Sleduji způsob opory při zaujetí polohy, aniž bych držení korigovala.

Test hluboký dřep: DKK na šířku ramen, testovaný pomalu provede dřep, aniž by rameny a koleny přesáhl rovinu přední části nohy. Sleduji, zda zůstává napřímená páteř, zda je lumbosakrální přechod v centrovaném postavení, zda střed kolena směřuje nad podélnou osu třetího metatarzu, zda je opora nohy rovnoměrně rozložena na celé chodidlo a prsty.

4.1.2 Testování

Vstupní i výstupní testování bylo provedeno v zátěžové laboratoři na oddělení tělovýchovného lékařství FN Motol.

Před zahájením období IMT jsme provedli vstupní testování. Každou z veslařek jsme nechali samostatně „rozveslovat“ tak jak jsou zvyklé před závodem, bez snímání SF a vydechovaných plynů. Během času, který ve studii byl vyhrazený odpočinku, mezi dvěma veslařskými testy, jsme provedli dynamickou spirometrii pro získání křivky flow-volume a měření PI_{max} (MasterScreenTM, Vyaire Medical). Obě testování jsme prováděli v sedě s klipem na nose. Veslařky byly instruovány, jak vyšetření probíhá a v průběhu byly slovně vedeny, jak manévr správně provádět. Tato měření byla provedena

bezprostředně před a po 6minutovém testu maximální výkonnosti. Pro vyhodnocení změny PI_{max} , ke které došlo v důsledku IMT, porovnáváme nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotu PI_{max} . K posouzení únavy dýchacích svalů způsobenou zátěží jsme porovnávali naměřené hodnoty PI_{max} před a po zátěži.

Jako hlavní hodnotou, která má stanovit, zda došlo ke zlepšení výkonnosti jsme stejně jako ve studii použili 6minutový test maximální výkonnosti na veslařském trenažeru (Concept II), který simuluje veslařský závod co do doby trvání. Směrodatná je zde vzdálenost, kterou za tento čas sportovec ujede. V průběhu jsme analyzovali vydechované plyny (PRE-201, Piston Medical) a snímali SF pomocí sporttesteru (značky Polar a Garmin). Po tomto maximálním 6minutovém testu jsme provedli opět spirometrii a vyšetření maximálního inspiračního tlaku.

Poté jsme započali IMT. Každá z veslařek měla svůj trenažer POWERbreathe. Po 4 týdnech tréninku inspiračních svalů jsme přeměřili spirometrii a PI_{max} , abychom adekvátně přenastavili hodnotu odporu na inspiračním přístroji POWERbreathe.

Z technických důvodů jsme výsledné měření provedli po 10 týdnech a 6 dnech jedné veslařky a po 12 týdnech a 4 dnech zbylých dvou veslařek. Celé měření probíhalo ve stejné souslednosti jako vstupní testování.

4.2 TERAPIE

Terapie spočívala v provádění IMT v kombinaci s technikami měkkých tkání.

Veslařky prováděly dvakrát denně 30 usilovných nádechů pomocí mechanického inspiračního trenažeru POWERbreathe proti odporu 50 % jejich PI_{max} . Byly edukovány o správném provedení tréninku - každý usilovný nádech musí být započat z maximálního výdechu, tedy z RV. Nadechovat mají až do té nádechové pozice, kam jim to exkurze hrudníku dovolí a mají udržet úsilí, dokud necítí, že jsou plně nadechnuté.

Za období IMT každá z veslařek se mnou 5krát podstoupila fyzioterapii. Vždy jsem začínala zkontrolováním provedení IMT. Poté jsem provedla aspekční vyšetření dýchacích pohybů a měkké techniky na oblast hrudníku: uvolňování hrudních fascií, vytírání mezižebních prostor a z důvodu celkového přetížení sportem také Küblerovu řasu na oblast paravertebrálních svalů. Mým cílem bylo udržet posunlivost měkkých tkání, optimalizovat svalový tonus (zejména auxillárních inspiračních svalů) a udržet mobilitu hrudníku a žeber.

4.2.1 KAZUISTIKY

4.2.2 Proband 1

4.2.2.1 Anamnéza

L.A. (žena) *1991

OA: luxované pravý ramenní kloub, ruptura úponu bicepsu na PHK, distorze pravého hlezenního kloubu, snížená aktivita štítné žlázy, dysplazie pravé patelly

FA: Letrox 50

Předchozí RHB: Dukla, CPM

4.2.2.2 Vyšetření před započítím IMT

Vstupní vyšetření bylo provedeno 21.12.2017.

4.2.2.2.1 Kineziologický rozbor

Výška: 176 cm

Hmotnost: 72 kg

- **Postura:** Vyšetření stoje při pohledu z předu: hypertrofické mm. trapezii, asymetrický m.rectus abdominis a zvýšená aktivita jeho horních částí, taile stranově stejná, mírná „šilhající patella“, hypertrofie lýtek; při pohledu zezadu: pravý ramenní pletenec je kaudálněji než levý, mírná zevní rotace levé lopatky, paravertebrální svaly v celé délce páteře hypertonické, pánev mírně sešikmená kraniálně vpravo, infraglutální rýha vlevo níž; při pohledu z boku: oploštělá hrudní kyfóza, protrakce ramen, výrazná anteverze pánve^{[1][1]}_{SFP}



Obrázek 5. Pohled z předu, zezadu, z boku - L.A. (21.12.2017)

- **Vyšetření modifikovaného stoje:** Trendelenburgův test – negativní z pohledu abduktorů a vnitřních rotátorů kyčle, odhaluje pravděpodobné zkrácení m. iliopsoas



Obrázek 6. Trendelenburgův test - L.A. (21.12.2017)

- **Adamsův test:** prominence paravertebrálních svalů v oblasti bederní páteře na levé straně více
- **Vyšetření dechového stereotypu a zapojení hlubokého stabilizačního systému páteře:**
 - **Dýchací pohyby:** při nádechu dechová vlna začíná v oblasti břicha a postupuje směrem kraniálně, dolní část hrudníku se rozvíjí laterálně a předozadně. Rozvíje
 - ní žeber je stranově symetrické.
 - **Dechová amplituda:**
 - v úrovni axil: 7 cm (98,5cm v max. inspiriu 91,5cm v max. expiriu)
 - mesosternale: 5,5 cm (96,5cm v max. inspiriu 91 cm v max. expiriu)
 - xiphosternale: 7,5 cm (88 cm v max. inspiriu 80,5cm v max. expiriu)
 - v oblasti poloviční vzdálenosti mezi processus xiphoideus a umbilicus: 6,5 (77,5cm v max. inspiriu 71 cm v max. expiriu)
 - **Vyšetření provokované posturální aktivity:**

Brániční test: dokáže vytlačit břišní dutinu a dolní část hrudníku proti palpaci, dokáže hrudník rozšířit laterálně a dorzálně, dochází k rozšíření

mezižebních prostor, neobjevuje se kraniální pohyb žeber

Test nitrobřišního tlaku: při aktivaci bránice dochází ke zvýšené aktivitě horní část m. rectus abdominis a m. obliquus externus abdominis

Test polohy na čtyřech: zápěstní, loketní, ramenní klouby centrovány, lopatky mírně odstávají, opora o dlaně rovnoměrná, předsun hlavy, hlezenní, kolenní, kyčelní klouby centrovány, v ose, střed kolen směřuje nad třetí prst, opora v přední část chodidla je rovnoměrně rozložena



Obrázek 7. Test polohy na čtyřech pohled z boku a shora – L.A. (21.12.2017)

Test hlubokého dřepu: je schopna provést hluboký dřep, udrží napřímenou páteř, zvyšuje se napětí v trapézových svalech, hyperaktivita paravertebrálních svalů v oblasti ThL páteře, střed kolene směřuje nad podélnou osu třetího metatarzu, opora nohy je rovnoměrně rozložena na celé chodidlo a prsty



Obrázek 8. Test hlubokého dřepu – L.A. (21.12.2017)

4.2.2.3 Vyšetření po ukončení IMT

Vyšetření bylo provedeno 19.3.2018.

4.2.2.3.1 Kineziologický rozbor

Výška: 176 cm

Hmotnost: 70 kg

- **Postura:** Vyšetření stoje při pohledu zepředu: hypertrofické a asymetrické mm. trapezii, pravý ramenní pletenec kaudálněji, taile asymetrické, mírná „šilhající patella“, hypertrofie lýtek; při pohledu zezadu: pravý ramenní pletenec je kaudálněji než levý, mírně odstává mediální okraj pravé lopatky od hrudníku, paravertebrální svaly v celé délce páteře hypertonické, pánev mírně sešikmená vlevo kaudálně, infragluteální rýha je vlevo níž; při pohledu z boku: oploštělá hrudní kyfóza, zvětšená bederní lordóza, výrazná anteverze pánve^[1]_{SÉP}



Obrázek 9. Pohled zepředu, zezadu, z boku - L.A. (19.3.2018)

- **Vyšetření modifikovaného stoje:** Trendelenburgův test – negativní



Obrázek 10. Vyšetření Trendelenburgova testu - L.A. (19.3.2018)

- **Adamsův test:** prominence paravertebrálních svalů v oblasti bederní páteře

- **Vyšetření dechového stereotypu a zapojení hlubokého stabilizačního systému páteře:**
 - **Dýchací pohyby:** při nádechu dechová vlna začíná v oblasti břicha a postupuje směrem kraniálně, dolní část hrudníku se rozvíjí laterálně a předo zadně. Rozvíjení žeberek je stranově symetrické.

 - **Dechová amplituda:**
 - v úrovni axil: 5 cm (99 cm v max. inspiriu 94 cm v max. expiriu)
 - mesosternale: 9,5 cm (99,5 cm v max. inspiriu 90 cm v max. expiriu)
 - xiphosternale: 10,5 cm (88,5 cm v max. inspiriu 78 cm v max. expiriu)
 - v oblasti poloviční vzdálenosti mezi processus xiphoideus a umbilicus: 8,5 cm (77,5 cm v max. inspiriu 69 cm v max. expiriu)

 - **Vyšetření provokované posturální aktivity:**

Brániční test: při aktivaci dokáže udržet výdechové postavení hrudníku, dokáže vytlačit břišní dutinu a dolní část hrudníku proti palpaci, dokáže hrudník rozšířit laterálně a dorzálně, dochází k rozšíření mezižeberebních prostor, neobjevuje se kraniální pohyb žeberek

Test nitrobřišního tlaku: při aktivaci bránice dochází ke zvýšené aktivitě horní část m. rectus abdominis a m. obliquus externus abdominis

Test polohy na čtyřech: zápěstní, loketní, ramenní klouby centrovány, vertebrální okraj a dolní úhly lopatek mírně odstávají od hrudníku, opora o dlaně rovnoměrná, páteř napřimena, hlava v prodloužení páteře, hlezenní, kolenní, kyčelní klouby centrovány, v ose, střed kolen směřuje nad třetí prst, opora v přední část chodidla je rovnoměrně rozložena



Obrázek 11. Test polohy na čtyřech pohled z boku a shora - L.A. (19.3.2018)

Test hlubokého dřepu: je schopna provést hluboký dřep, udrží napřímenou páteř, hyperaktivita paravertebrálních svalů v oblasti hrudní a bederní páteře, střed kolene směřuje nad podélnou osu třetího metatarzu, opora o nohy je rovnoměrně rozložena na celé chodidlo a prsty



Obrázek 12. Test hlubokého dřepu - L.A. (19.3.2018)

4.2.2.4 Vyhodnocení efektu IMT

Po období IMT prováděného 12 týdnů a 4 dny došlo pouze k nevýznamnému zlepšení plicních funkcí měřených pomocí dynamické spirometrie. Došlo ke zlepšení výkonnosti o 26 m (1,6 %) v průběhu 6minutového testu maximálního úsilí a k celkovému zvýšení PI_{max} o 19,78 cmH₂O (14,5 %). Oproti původnímu zhoršení PI_{max} před a po zátěži, které bylo o 10,6 cmH₂O (7,4 %), došlo ke zlepšení o 2,14 kPa (1,4 %). Z hodnot zaznamenávaných v průběhu 6minutové zátěže maximálního úsilí na veslařském trenažeru došlo také ke zvýšení průměrné VE o 14,1 L/min, průměrné VT o 0,3L a BF o 0,9 L/min. Nedošlo ke zlepšení průměrné tepové frekvence.

4.2.3 *Proband 2*

4.2.3.1 *Anamnéza*

A.S. (žena) *1993

OA: opakované záněty ledvin

Předchozí RHB: luxovaný levý ramenní kloub, po operaci – GERI rehabilitační centrum

4.2.3.2 *Vyšetření před započítím IMT*

Vyšetření bylo provedeno 21.12.2017

4.2.3.2.1 *Kineziologický rozbor*

Výška: 179 cm

Hmotnost: 72 kg

- **Postura:** Vyšetření stoje při pohledu zepředu: vychyluje se z vertikální roviny mírně doprava, kraniálnější postavení levého ramenního pletence než pravého, m. rectus abdominis stranově symetrický, mírná diastáza břišní, taile stranově symetrická, mírná valgozita kolen, hallux valgus oboustranně; při pohledu zezadu: asymetrické napětí trapézových svalů, paravertebrální svaly v celé délce páteře hypertonické, levá infaglutéální rýha kaudálněji; při pohledu z boku: předsun hlavy, protrakce ramen, hyperlordóza bederní páteře, mírná rekurvace kolenních kloubů



Obrázek 13. Pohled zepředu, zezadu, z boku – A.S. (21.12.2017)

- **Vyšetření modifikovaného stoje:** Trendelenburgův test – negativní



Obrázek 14. Trendelenburgův test – A.S. (21.12.2017)

- **Adamsův test:** stranově symetrické
- **Vyšetření dechového stereotypu a zapojení hlubokého stabilizačního systému páteře:**
 - **Dýchací pohyby:** při nádechu dechová vlna začíná v oblasti břicha a postupuje směrem kranálně, dolní část hrudníku se rozvíjí laterálně a předozadně. Rozvíjení žebér je stranově symetrické.
 - **Dechová amplituda:**
 - v úrovni axil: 4 cm (95 cm v max. inspiriu 91 cm v max. expiriu)
 - mesosternale: 4,5 cm (93,5 cm v max. inspiriu 89 cm v max. expiriu)
 - xiphosternale: 6 cm (86 cm v max. inspiriu 80 cm v max. expiriu)
 - v oblasti poloviční vzdálenosti mezi processus xiphoideus a umbilicus: 5 cm (80 cm v max. inspiriu 75 cm v max. expiriu)
 - **Vyšetření provokované posturální aktivity:**

Brániční test: při aktivaci dokáže udržet výdechové postavení hrudníku a páteř v napříměném postavení, dokáže vytlačit břišní dutinu a dolní část hrudníku proti palpaci, dokáže hrudník rozšířit laterálně a dorzálně, dochází k rozšíření mezižebních prostor, neobjevuje se kranální pohyb žebér

Test nitrobřišního tlaku: při aktivaci bránice převažuje aktivita horní části m. rectus abdominis a m. obliquus externus abdominis

Test polohy na čtyřech: zápěstní, loketní, ramenní klouby centrovány, vertebrální okraje a dolní úhly lopatek fixovány k hrudníku, opora o dlaně rovnoměrná, páteř napříměna, hlava v předsunu, hlezenní, kolenní, kyčelní klouby centrovány, v ose, střed kolen směřuje nad třetí prst, opora v přední část chodidla je rovnoměrně rozložena



Obrázek 15. Test polohy na čtyřech – A.S. (21.12.2017)

Test hlubokého dřepu: udrží napříměnou páteř, hyperaktivita paravertebrálních svalů, objevuje se extenze krční páteře a zvyšuje se napětí extenzorů krční páteře, nedochází k elevaci ramen, ale mírně se zvyšuje napětí v trapézových svalech, lumbosakrální přechod není v centrovaném postavení – dochází k mírné retroverzi pánve, střed kolena směřuje nad podélnou osu třetího metatarzu, opora nohy není rovnoměrně rozložena na celé chodidlo, paty neudrží na zemi



Obrázek 16. Test hlubokého dřepu – A.S. (21.12.2017)

4.2.3.3 Vyšetření po ukončení IMT

Výstupní vyšetření bylo provedeno 7.3.2018

4.2.3.3.1 Kineziologický rozbor

Výška: 179 cm

Hmotnost: 71 kg

- **Postura:** Vyšetření stoje při pohledu zředu: vychýlení z vertikální roviny mírně doprava, kraniálnější postavení levého ramenního pletence než pravého, mírná lateroflexe krční páteře doprava, taile stranově stejná, mírná valgositata kolen, hallux valgus oboustranně; při pohledu zezadu: asymetrické napětí trapézových svalů, paravertebrální svaly v celé délce páteře hypertonické; při pohledu z boku: předsun hlavy, protrakce ramen, hyperlordóza bederní páteře



Obrázek 17. Pohled zředu, zezadu, z boku – A.S. (19.3.2018)

- **Vyšetření modifikovaného stoje:** Trendelenburgův test – negativní



Obrázek 18. Trendelenburgův test – A.S. (19.3.2018)

- **Adamsův test:** stranově symetrické

- **Vyšetření dechového stereotypu, postavení hrudníku a zapojení hlubokého stabilizačního systému páteře:**
 - **Dýchací pohyby:** při nádechu dechová vlna začíná v oblasti břicha a postupuje směrem kraniálně, dolní část hrudníku se rozvíjí laterálně a předozačně. Rozvíjení žebor je stranově symetrické.

 - **Dechová amplituda:**
 - v úrovni axil: 6 cm (96 cm v max. inspiriu 90 cm v max. expiriu)
 - mesosternale: 5,5 cm (96 cm v max. inspiriu 90,5 cm v max. expiriu)
 - xiphosternale: 6 cm (85,5 cm v max. inspiriu 79,5 cm v max. expiriu)
 - v oblasti poloviční vzdálenosti mezi processus xiphoideus a umbilicus: 6 cm (80 cm v max. inspiriu 74 cm v max. expiriu)

 - **Vyšetření provokované posturální aktivity:**

Brániční test: při aktivaci dokáže udržet páteř v napřimeném postavení, dokáže vytlačit břišní dutinu a dolní část hrudníku proti palpaci, dokáže hrudník rozšířit laterálně a dorzálně, dochází k rozšíření mezižeborních prostor, neobjevuje se kraniální pohyb žebor

Test nitrobřišního tlaku: při aktivaci bránice převažuje aktivita horní části m. rectus abdominis a m. obliquus externus abdominis.

Test polohy na čtyřech: zápěstní, loketní, ramenní klouby centrovány, lopatky fixovány k hrudníku, ale dolní úhly mírně zevně rotovány, opora dlaně v oblasti hypothenaru, hlava v předsunu, hlezenní, kolenní, kyčelní klouby centrovány, v ose, střed kolen směruje nad třetí prst, opora v přední část chodidla je rovnoměrně rozložena



Obrázek 19. Test polohy na čtyřech pohled z boku a shora – A.S. (19.3.2018)

Test hlubokého dřepu: udrží napřímenou páteř, objevuje se extenze krční páteře a zvyšuje se napětí extenzorů krční páteře, nedochází k elevaci ramen, ale mírně se zvyšuje napětí v trapézových svalech, lumbosakrální přechod není v centrovaném postavení – dochází k retroverzi pánve, střed kolena směřuje nad podélnou osu třetího metatarzu, opora nohy není rovnoměrně rozložena na celé chodidlo a prsty – není opora o palec.



Obrázek 20. Test hlubokého dřepu – A.S. (19.3.2018)

4.2.3.4 Vyhodnocení efektu IMT

Po období IMT prováděného 10 týdnů a 6 dnů došlo pouze k nevýznamnému zlepšení plicních funkcí měřených pomocí dynamické spirometrie. Došlo ke zlepšení výkonnosti o 23 m (o 1,4 %) v průběhu 6minutového testu maximálního úsilí a k celkovému zvýšení PI_{max} o 30,19 cmH₂O (52 %). Oproti původnímu zlepšení PI_{max} před a po zátěži, které bylo o 3,98 cmH₂O (6,9 %), došlo k dalšímu zlepšení o 5,92 cmH₂O (7,2 %). Z technických důvodů nejsou hodnoty zaznamenávané v průběhu 6minutové zátěže maximálního úsilí na veslařském trenažeru. Nedošlo ke změně tepové frekvence.

4.2.4 Proband 3

4.2.4.1 Anamnéza

K.F. (žena) *1992

OA: 2013 tyreoidektomie pro cysty a uzlíky, 2016 otřes mozku, na PDK horizontální ruptura menisku v dorzální části

FA: eutyrox 155

AA: augmentin a duomox

Předchozí RHB: CMP s kolenem

4.2.4.2 Vyšetření před započítím IMT

Vstupní vyšetření bylo provedeno 21.12.2017

4.2.4.2.1 Kineziologický rozbor

Výška: 172 cm

Hmotnost: 67 kg

- **Postura:** Vyšetření stoje při pohledu zepředu: hypertrofické, ale symetrické mm. trapezii, vpadlá nadklíčková jamka, pectus excavatum, prominence levých žeber, taile symetrická, zvýšená vnitřní rotace femurů, „šilhající patelly“, plochonoží – na PDK výraznější, při pohledu ze zadu: hyperaddukce lopatek, převaha adduktorů lopatek, přetížené paravertebrální svaly v celé délce páteře, nejvíce na přechodu hrudní a bederní páteře, torze pánve, pravá gluteální výraznější a kaudálněji než pravá; při pohledu z boku: protrakce ramen, mírný předsun hlavy, oploštěná hrudní páteř, větší bederní lordóza



Obrázek 21. Pohled zředu, zezadu a z boku – K.F. (21.12.2017)

- **Vyšetření modifikovaného stoje:** Trendelenburgův test – negativní



Obrázek 22. Trendelenburgův test – K.F. (21.12.2017)

- **Adamsův test:** prominence paravertebrálních svalů vpravo v oblasti Th-Lp
- **Vyšetření dechového stereotypu, postavení hrudníku a zapojení hlubokého stabilizačního systému páteře:**
 - **Dýchací pohyby:** při nádechu dechová vlna začíná v oblasti břicha a postupuje směrem kranálně, dolní část hrudníku se rozvíjí laterálně a předozadně. Rozvíjení žebér je stranově symetrické.
 - **Dechová amplituda:**
 - v úrovni axil: 11 cm (95 cm v max. inspiriu 84 cm v maximálním expiriu)
 - mesosternale: 9 cm (93 cm v max. inspiriu 84 cm v maximálním expiriu)

xiphosternale: 11,5 cm (85,5 cm v max. inspiriu 74 cm v maximálním expiriu)
v oblasti poloviční vzdálenosti mezi processus xiphoideus a umbilicus: 6,5 cm
(77 cm v max. inspiriu 70,5 cm v maximálním expiriu)

- **Vyšetření provokované posturální aktivity:**

Brániční test: při aktivaci dokáže udržet páteř v napřímeném postavení, dokáže vytlačit břišní dutinu a dolní část hrudníku proti mé palpaci, dokáže hrudník rozšířit laterálně a dorzálně, dochází k rozšíření mezižeberních prostor, neobjevuje se kraniální pohyb žeber

Test nitrobřišního tlaku: aktivací bránice dochází nejprve k vyklenutí břišní stěny v oblasti podbřišku, poté se zapojují břišní svaly

Test polohy na čtyřech: zápěstní, loketní, ramenní klouby centrovány, vertebrální okraje lopatek nejsou fixovány k hrudníku, rovnoměrná opora ruky o podložku, páteř napřímená, hlava není v prodloužení páteře – reklinace hlavy, hlezenní, kolenní, kyčelní klouby centrovány, v jedné ose, střed kolen směřuje nad třetí prst, opora v přední část chodidla je rovnoměrně rozložena



Obrázek 23. Test polohy na čtyřech pohled z boku a shora – K.F. (21.12.2017)

Test hlubokého dřepu: schopna provést hluboký dřep, extenze v krční páteři a zvýšení napětí extenzorů krční páteře, nedochází k elevaci ramen, zvyšuje se napětí v trapézových svalech, lumbosakrální přechod není v centrovaném postavení – dochází k retroverzi pánve, střed kolena směřuje mediálně od třetího metatarzu, opora se přenáší na mediální okraj nohy, valgózní postavení v hlezenních kloubech



Obrázek 24. Test hlubokého dřepu – K.F. (21.12.2017)

4.2.4.3 Vyšetření po ukončení IMT

Výstupní vyšetření bylo provedeno 19.3.2018.

4.2.4.3.1 Kineziologický rozbor

Výška: 172 cm

Hmotnost: 70 kg

- **Postura:** Vyšetření stoje při pohledu ze předu: hypertrofické mm. trapezii, pectus excavatum, taile asymetrické, vnitřně rotační postavení femurů, plochonoží oboustranně, při pohledu ze zadu: přetížené paravertebrální svaly v celé délce páteře, pravá gluteální výraznější a kaudálněji než levá; při pohledu z boku: protrakce ramen, zvětšená bederní lordóza, mírná rekurvace kolenních kloubů



Obrázek 25. Pohled zepředu, zezadu a z boku – K.F. (19.3.2018)

- **Vyšetření modifikovaného stoje:** Trendelenburgův test - negativní



Obrázek 26. Trendelenburgův test – K.F. (19.3.2018)

- **Adamsův test:** prominence paravertebrálních svalů na přechodu hrudní a bederní páteře
- **Vyšetření dechového stereotypu, postavení hrudníku a zapojení hlubokého stabilizačního systému páteře:**

- **Dýchací pohyby:** při nádechu dechová vlna začíná v oblasti břicha a postupuje směrem kraniálně, dolní část hrudníku se rozvíjí laterálně a předozadně. Rozvíjení žebér je stranově symetrické.

- **Dechová amplituda:**

- v úrovni axil: 7 cm (98 cm v max. inspiriu 91 cm v max. expiriu)
- mesosternale: 9,5 cm (96 cm v max. inspiriu 86,5 cm v max. expiriu)
- xiphosternale: 10,5 cm (86 cm v max. inspiriu 75,5 cm v max. expiriu)
- v oblasti poloviční vzdálenosti mezi processus xiphoideus a umbilicus: 7 cm (77 cm v max. inspiriu 70 cm v max. expiriu)

- **Vyšetření provokované posturální aktivity:**

Brániční test: při aktivaci dokáže udržet páteř v napřímeném postavení, dokáže vytlačit břišní dutinu a dolní část hrudníku proti mé palpaci, dokáže hrudník rozšířit laterálně a dorzálně, dochází k rozšíření mezižeberních prostor, neobjevuje se kraniální pohyb žebér

Test nitrobřišního tlaku: aktivací bránice dochází nejprve k vyklenutí břišní

stěny v oblasti podbřišku, poté se zapojují břišní svaly

Test polohy na čtyřech: zápěstní, loketní, ramenní klouby centrovány, vertebrální hrany lopatek nejsou fixovány k hrudníku, dolní úhly lopatek zevně rotovány, nerovnoměrná opora ruky o podložku – spíše v oblasti hypothenaru, páteř napříměna, hlava v mírné reklinaci, vnitřní rotace femurů, postavení kolen je mimo střed nohy, opora v přední část chodidla není rovnoměrně rozložena



Obrázek 27. Test polohy na čtyřech pohled z boku a shora – K.F. (19.3.2018)

Test hlubokého dřepu: schopna provést hluboký dřep, udrží napřímění páteře, nedochází k elevaci ramen, ale zvyšuje se napětí v trapézových svalech, lumbosakrální přechod není v centrovaném postavení – dochází k mírné retroverzi pánve, střed kolena směřuje mediálně od třetího metatarzu, opora se přenáší na mediální okraj nohy, valgózní postavení v hlezenních kloubech



Obrázek 28. Test hlubokého dřepu – K.F. (19.3.2018)

4.2.4.4 Vyhodnocení efektu IMT

Po období IMT prováděného 12 týdnů a 4 dny došlo k významnému zlepšení PEF měřených pomocí dynamické spirometrie. Došlo také ke zlepšení výkonnosti o 13 m (o 0,8 %) v průběhu 6minutového testu maximálního úsilí a k celkovému zvýšení PI_{max} o 35,79 cmH₂O (57 %). Oproti původnímu zlepšení PI_{max} před a po zátěži, které bylo o 14,17 cmH₂O (22,7 %), došlo ke zlepšení pouze o 3,26cmH₂O (3,4 %). Z hodnot zaznamenávaných v průběhu 6minutové zátěže maximálního úsilí na veslařském trenažeru došlo také ke zvýšení průměrné VE o 14,3 L/min, nicméně ke zhoršení průměrné VT o 0,11 a ke zvýšení BF o 10,5 l/min. Došlo také k mírnému zvýšení průměrné tepové frekvence.

4.2.5 Získané hodnoty probandek před započítím a po ukončení IMT

proband	Měřená hodnota	Před započítím IMT		V průběhu IMT	Po ukončení IMT	
		Před zátěží	Po zátěží		Před zátěží	Po zátěží
L.A.	FVC	5,28 L	5,28 L	4,47 L	5,08 L	5,18 L
A.S.		4,83 L	4,71 L	4,68 L	5,02 L	4,82 L
K.F.		4,54 L	4,41 L	4,07 L	4,20 L	4,46 L
L.A.	PEF	7,82 L/s	7,73 L/s	7,12 L/s	6,75 L/s	7,07 L/s
A.S.		9,93 L/s	9,58 L/s	9,62 L/s	9,92 L/s	9,99 L/s
K.F.		7,19 L/s	7,06 L/s	7,46 L/s	7,52 L/s	8,07 L/s
L.A.	PI _{max}	146,33 cmH ₂ O	136,24 cmH ₂ O	149,7 cmH ₂ O	153,88 cmH ₂ O	156,02 cmH ₂ O
A.S.		58,02 cmH ₂ O	62 cmH ₂ O	83,4 cmH ₂ O	82,29 cmH ₂ O	89,21 cmH ₂ O
K.F.		62,51 cmH ₂ O	76,68 cmH ₂ O	82,8 cmH ₂ O	95,04 cmH ₂ O	98,3 cmH ₂ O
L.A.	6minutový test maximálního úsilí	1632 m		X	1658 m	
A.S.		1614 m		X	1637 m	
K.F.		1579 m		X	1592 m	
L.A.	Průměrná VE	85,5 L/min		X	99,6 L/min	
A.S.		X		X	X	
K.F.		96,3 L/min		X	110,6 L/min	
L.A.	Průměrný VT	2,5 L		X	2,8 L	
A.S.		X		X	X	
K.F.		1,9 L		X	1,8 L	
L.A.	Průměrná BF	34,5 L/s		X	35,4 L/s	
A.S.		X		X	X	
K.F.		54,0 L/s		X	64,5 L/s	
L.A.	Průměrná tepová frekvence v průběhu 6minutového testu maximálního úsilí	172 tepů/min		X	172 tepů/min	
A.S.		158 tepů/min		X	158 tepů/min	
K.F.		164 tepů/min		X	166 tepů/min	

Tabulka 5. Naměřené hodnoty před započítím a po ukončení IMT

5 DISKUSE

Ve své práci jsem aplikovala metodologii bohatě citované studie Volianitis et al. (2001), na elitní české veslařky. V 6minutovém testu maximálního úsilí se zlepšily průměrně o 1,3 % a při porovnání nejnižšího a nejvyššího naměřeného PI_{max} došlo k průměrnému zvýšení PI_{max} o 28,6 cmH₂O (41,3%).

Toto mírné zlepšení výkonnosti může mít příčinu v nízké compliance veslařek k IMT, která dosahovala asi 60 %, což je v rozporu Volianitis et al. (2001), kde byla compliance 96-97 %. K nižší compliance nejspíše vedlo selhání zavedení tréninkového deníku. Na druhou stranu došlo k výraznému zvýšení PI_{max} . Zdá se tedy, že IMT má pozitivní vliv na zvyšování síly inspiračních svalů, ale jeho vliv na výkonnost veslařů je sporný. Příčinou zanedbatelného zvýšení výkonnosti může být také velmi vysoký stupeň trénovanosti veslařek.

Zlepšení v 6minutovém testu maximálního úsilí je nízké oproti studii Volianitis et al. (2001), ve které došlo k průměrnému zvýšení výkonnosti o 3,5 %. Volianitis et al. (2001) dále vyhodnocoval pouze celkové zvýšení PI_{max} , které bylo o 45,3 %. V naší studii jsme navíc porovnávali naměřené hodnoty PI_{max} před a po 6minutovém testu maximálního úsilí a to jak před zahájením, tak po ukončení 11týdenního období IMT. Zajímavé je, že u probandky 1 byl před zahájením období IMT naměřen pokles PI_{max} po zátěži o 10,6 cmH₂O (-7,4%) a v hodnotách po 11týdenním období IMT nacházíme zvýšení o 2,14 cmH₂O (1,4%). Z toho bychom mohli usoudit, že po absolvovaném IMT došlo ke snížení únavy inspiračních svalů. Toto malé navýšení může být dáno tím, že již před započítáním období IMT měla probandka vysoké hodnoty PI_{max} . U zbylých dvou probandek se pozátěžové PI_{max} vždy zvýšilo (viz Vyhodnocení efektu IMT u probandky 2 a 3). Porovnáním nejnižšího a nejvyššího naměřeného PI_{max} u každé z veslařek zjišťujeme, že došlo k průměrnému zvýšení PI_{max} o 28,6 cmH₂O (41,3%), což je obdobné jako ve studii Volianitis et al. (2001).

Po absolvování období IMT se jedné z našich probandek významně zvýšila VE o 14,1 L/min, taktéž u ní došlo k většímu zvýšení VT než ve Volianitis et al. (2001) studii. Druhé probandce se VE zvýšila o 14,3 L/min, zatímco VT mírně poklesl. U obou našich probandek ale došlo k menšímu navýšení BF než ve studii Volianitis et al. (2001). Nelze tedy vyloučit, že vlivem IMT nedochází ke zlepšení ventilace.

POWERbreathe je inspirační trenažer, jehož použití může rezultovat ve zvýšení

síly inspiračních svalů. Hypotéza o posilování inspiračních svalů, které může mít za následek lepší výkonnost sportovce nebo snížení intenzity potenciální dušnosti na dané úrovni zatížení, byla Hartem et al. (Hart et al., 2001) vyvrácena, neboť do té doby prováděné studie nepoukazovaly na rozdíl mezi opravdovým zvýšením síly bránice a zlepšením schopnosti vykonat dané testování. Hart et al. (2001) přišel s tím, že se síla bránice dá měřit využitím Tw Pdi (twitch transdiaphragma pressure), který je vyvolaný bilaterální supramaximální přední magnetickou stimulací *nn. phrenici*. Při provedeném měření síly bránice u jedinců, kteří byli bez pneumologických a neurologických patologií zjistil, že u trénovaných jedinců pomocí přístroje POWERbreathe ke zvýšení síly inspiračních svalů nedochází. K signifikantnímu zvýšení došlo pouze v případě PI_{max} . (Hart et al., 2001)

V roce 2016 Nepomuceno Júnior (Nepomuceno Júnior et al., 2016) uveřejnil systematický přehled využívání inspiračního trenažeru POWERbreathe u sportovců se souběžným sportovním tréninkem. Ve studiích byla použita standardizovaná frekvence tréninku inspiračních svalů, a to 30 nádechů, opakovaných dvakrát denně proti odporu okolo 50 % PI_{max} , nicméně doba provádění IMT se v jednotlivých studiích lišila od 4 do 11 týdnů. Toto shrnutí ukazuje, že vlivem IMT došlo ke zvýšení PI_{max} , ke zlepšení sportovního výkonu, ke snížení subjektivně vnímané námahy (Borgova škála), v jednom případě došlo dokonce k významnému zvýšení VO_{2max} .

Rozdílné časové provedení studií, období IMT od 4 do 11 týdnů, (Nepomuceno Júnior et al., 2016) neumožňuje určit, do jaké míry je efekt IMT závislý na době provádění tohoto tréninku. Z toho důvodu neshledávám jako problém, že jedna z mých probandek absolvovala IMT 10 týdnů 6 dní, a zbylé dvě z důvodu lehkého onemocnění podstoupily výstupní testování později, přesně po 12 týdnech a 4 dnech.

Je také nutné brát v potaz, že studie IMT byly prováděny na sportovcích v průběhu jejich sezóny. Dá se tedy předpokládat, že v rámci tréninku a regenerace podstupují různé terapeutické metody, které mohou mít vliv na testování. (Nepomuceno Júnior et al., 2016) Na probandkách jsem aplikovala techniky měkkých tkání a jsem si vědoma toho, že terapie mohla výsledky ovlivnit.

Výsledky Volianitis et al. (2001) studie ukazují, že ke zvýšení PI_{max} došlo v klidu i po zátěži ve srovnání s placebo skupinou. Za významné zjištění je považováno to, že IMT přispívá k lepšímu veslařskému výkonu než samotný sportovní trénink. Nicméně k

určitěmu zlepšení 6minutového testu maximálního úsilí a testu na 5000 m došlo i u placebo skupiny. (Volianitis, 2001) Domnívám se, že by měl být efekt IMT porovnán se skupinou, která nepodstoupila žádný RMT. Placebo skupina v této studii podstoupila také IMT, pouze jiný typ, který by dle Neumannové et al. (2014) odpovídal intenzitou odporu a dobou tréninku spíše vytrvalostnímu tréninku inspiračních svalů. Myslím si, že i tímto tréninkem může dojít k určitému zlepšení hodnocených parametrů. Zkoumaná skupina podstoupila IMT spíše silového charakteru – což mohlo být záměrem studie, neboť přístroj POWERbreathe je považován jako prostředek pro zvyšování síly nádechových svalů. (Volianitis, 2001)

Kineziologické vyšetření obsahuje vyšetření dýchacích pohybů hlavně v sedě, neboť veslařský pohyb je v této poloze vykonáván. Měření dechových amplitud jsme měřili ke zjištění, zda tímto inspiračním tréninkem nedochází k přetěžování dýchacích svalů a k jejich horšímu rozvíjení v průběhu nádechu. Tato domněnka se zdá být reálná, neboť po přeměření spirometrie a PI_{max} po 4 týdnech došlo ke zvýšení PI_{max} a k nepatrnému zhoršení spirometrických hodnot u všech probandek. Nicméně by bylo třeba provést další studie pro potvrzení této hypotézy. Trendelenburgův test byl proveden z důvodu později zmiňované stability pánve a Adamsův test měl ověřit, zda se u probandek nevyskytuje asymetrie páteře ve frontální rovině, která by případně dýchání mohla ovlivnit.

Kromě tohoto vyšetření jsem využila některé z testů pro vyšetření provokované posturální aktivity (Valouchová, Kolář, 2009), neboť respirační svaly splňují kromě funkce ventilační i funkci posturální (Griffiths, 2009). Test zvýšení nitrobřišního tlaku a brániční test jsem provedla pro zjištění chování břišní stěny u probandek při zvýšení nitrobřišního tlaku a možné stabilizace dolních segmentů páteře (Valouchová, Kolář, 2009), neboť v záběrové fázi veslařského pohybu dochází v bederní oblasti k největší kompresi a zatížení (Hosea, Hannafin, 2012). Testem pozice na čtyřech jsem zjišťovala stabilizaci lopatek, neboť při veslování je přes ramenní pletenec zprostředkován přenos síly z DKK a zad. Hlavním fixátorem lopatky je *m. serratus anterior*, který je také pomocným nádechovým svalem. Test hlubokého dřepu jsme testovali z důvodu podobnosti s přechodem mezi relaxační fází tempa a zásekem při veslařském pohybu. Zajímalo nás hlavně postavení pánve, neboť v průběhu pohybu jsou přes ni přenášeny síly z DKK do trupu a také proto, že pánev výrazně ovlivňuje funkci bránice jak při dýchání, tak právě při pohybu (Smolíková,

2009, 254).

Stejně jako ve studii jsme v průběhu 6minutového testu maximálního úsilí provedli analýzu výdechových plynů. U probandky 2, z technických důvodů, nejsou výsledky k dispozici. Nicméně probandka jak vstupní, tak výstupní zátěž absolvovala s nástkem, aby byly zajištěny stejné podmínky a daly se porovnat alespoň ураžené vzdálenosti za tento čas.

Při provádění IMT docházelo u veslařek k zapojení pomocných nádechových svalů. V současné době nejsou dostupné žádné studie, které by zkoumaly, jak IMT ovlivňuje dechový stereotyp u vrcholových sportovců nebo veslařů. Je možné, že k jejich zapojení dochází pouze u veslařů kvůli jejich typickému držení těla. Z toho důvodu by z mého pohledu bylo žádoucí provést další studie, které by ozřejmily, zda vlivem IMT dochází ke změnám dechového stereotypu. Například, zda a popřípadě jak, se mění aktivita pomocných nádechových svalů při dýchání po absolvování IMT. Jaký to má vliv na veslařský pohyb, hlavně na stabilitu páteře a další. S tím souvisí, že není jasně určeno, za jakých podmínek má být IMT pomocí přístroje POWERbreathe u vrcholových veslařů indikován, respektive při jakých nedostatcích sportovce má tento trénink pozitivní efekt na jeho výkonnost. Toto by mělo být předmětem dalších studií.

Pro využitelnost a možnost porovnání efektů různých tréninků respiračních svalů u veslařů uvádím výsledky studií, které testovaly různé kombinace RMT. Z těchto studií lze vybrat užitečné informace pro praxi trénování vrcholových veslařů. Griffiths a McConnell (Griffiths, McConnell, 2007) vyhodnotili, že pouze vlivem IMT dochází ke zvýšení PI_{max} i zlepšení veslařského výkonu. Efekt kombinovaného tréninku IMT/EMT zůstal nejednoznačný. (Griffiths, McConnell, 2007) Forbes et al. (Forbes et al., 2011) zhodnotili, že vlivem kombinovaného IMT/EMT a silového a vytrvalostního sportovního tréninku v období mimo sezónu dochází sice ke zvýšení PI_{max} i PE_{max} a ke zlepšení zotavení expiračních svalů, ale nedojde ke zlepšení veslařské výkonnosti oproti placebo skupině. (Forbes et al., 2011) Ve studii Bell et al. (Bell et al., 2013) byli porovnáváni veslaři kteří podstoupili IMT se silovým a vytrvalostním tréninkem mimo sezónu a veslaři, kteří podstoupili stejný sportovní trénink ale v kombinaci s EMT. Výsledky ukazují, že mezi těmito dvěma skupinami nejsou zásadní rozdíly, ale u obou došlo ke zlepšení času na 2000 m vzdálenosti, ke zvýšení PI_{max} i PE_{max} vkladu i po zátěži, ke zvýšení celkové síly, ke zlepšení minutové ventilace a dechového objemu a zvýšení VO_{2peak} . (Bell et al., 2013)

Většina studií RMT se zabývala výkonem v poloze vzpřímeného sedu nebo stojí, neboť tato pozice je doporučována pro klinické a výzkumné testování respiračních tlaků. Probandky v mé práci prováděly IMT ve vzpřímeném sedu. Otázkou zůstává, zda se natrénované schopnosti přenesou a projeví ve veslařské zátěži. U CHOPN pacientů se zjistilo, že provádí-li RMT ve specifické poloze, dochází ke zvýšení respiračních tlaků a ke snížení dušnosti. Proto se uvažuje nad tím, zda by se účinnost IMT nedala navýšit i u sportovců změnou polohy těla na specifickou polohu pro daný sport. Ve veslování by připadaly v úvahu dvě polohy. Jedna v první fázi veslařského tempa, tedy v záseku, kdy je tělo v předklonu ve zkomprimované pozici, a bránice má zhoršené podmínky pro své oploštění. Nebo druhá na konci tempa, kdy je sportovec v záklonu. Jelikož jsou respirační svaly zodpovědné nejen za stabilitu trupu, ale i za ventilaci, jsou tedy velmi náchylné na únavu. Pokud v těchto dvou pozicích dochází při výkonu ke snížení schopnosti udržovat ventilaci, mělo by zařazení IMT v těchto polohách význam. (Griffiths, 2009)

Ve většině studií testujících efekt IMT pomocí POWERbreathe nedošlo ke změně ventilačních parametrů. Podle Koláře je pro fyzioterapii zásadní prokázat korelaci mezi parametry plicních funkcí a posturální aktivity bránice vyvolané aktivitou končetin. „Parametry aktivity bránice při klidovém dýchání během posturální aktivity vyvolané cíleným odporem končetin signifikantně korelují s ukazateli plicních funkcí (dynamické plicní objemy, ukazatele průchodnosti dýchacích cest, ale též klidová VC).“ (Kolář, 2009, 258) Kolář zmiňuje tento efekt u pacientů. Za úvahu stojí, zda by se tato korelace prokázala i u zdravých a vrcholově sportujících jedinců. V této práci se věnuji pouze vlivu IMT na kardiopulmonální systém a výkonnost vrcholových veslařů. Doposud nebyl testován efekt IMT v kombinaci s fyzioterapií. Proto by v návaznosti na tuto bakalářskou práci bylo zajímavé provést studii, zda by se změnila výkonnost veslařů po podstoupení IMT v polohách, kdy je bránice více posturálně aktivní, v kombinaci s fyzioterapií zaměřenou na ovlivňování dechového stereotypu.

6 ZÁVĚR

Z výsledků našeho testování, i přes nižší adherenci k IMT, vyplývá, že vlivem IMT pomocí POWERbreathe dochází k průměrnému zvýšení PI_{max} o 41,3 % a k určitému zlepšení ventilace, ale nelze potvrdit zvýšení výkonnosti veslařek.

Naše práce je jednou z mála podobných prací, které se zabývají efektivitou tréninku inspiračních svalů u vrcholových veslařů. Výsledky těchto studií jsou nejednotné.

7 REFERENČNÍ SEZNAM

- BATEMAN, A.H., MCGREGOR, A.M.J. BULL, P.M.M. CASHMAN a R.C. SCHROTER. Assessment of the timing of respiration during rowing and its relationship to spinal kinematics. *Biology of Sport* [online]. 2006, 23(4), 353-365. ISSN 0860021X. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=2&sid=187b50c7-e946-4234-9f91-dbccb3a20beb%40sessionmgr4010&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=SPHS-1041302&db=s3h>
- BELL, Gordon J., Alex GAME, Richard JONES, Travis WEBSTER, Scott C. FORBES a Dan SYROTUIK. Inspiratory and Expiratory Respiratory Muscle Training as an Adjunct to Concurrent Strength and Endurance Training Provides No Additional 2000 m Performance Benefits to Rowers. *Research in Sports Medicine* [online]. 2013, 21(3), 264-279. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15438627.2013.792090>
- BOSTOCK-COX a BEVERLEY. The role of positive expiratory pressure and inspirator muscle training devices in primary care. *Practice Nurse* [online]. 2015, 1(45), p12-16. 4p. ISSN 0953-6612. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=ddc0b946-12d9-4d14-b9b1-761790be4a6a%40pdc-v-sessmgr01&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=100754540&db=a9h>
- BRÁZDA, Jan. *Ovlivnění jednotlivých parametrů hlasu pomocí fyzioterapie* [online]. Praha, 2013. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/127533/>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta. Vedoucí práce doc. PaedDr. Libuše Smolíková, Ph.D.
- DOUDA, Ladislav, David KACHLÍK a Radovan HUDÁK. Dýchací systém. *Memorix anatomie*. Vyd. 2. Praha: Triton, 2013, s. 206-224. ISBN 978-80-7387-712-5.
- DYLEVSKÝ, Ivan. Kinematika hrudníku a břišní stěny. DYLEVSKÝ, Ivan. *Speciální kineziologie*. Praha: Grada, 2009, s. 91-96. ISBN 978-80-247-1648-0.
- FIŠEROVÁ, Jarmila. Význam vyšetření plicních funkcí. FIŠEROVÁ, Jarmila, Jan CHLUMSKÝ a Jana SATINSKÁ. *Funkční vyšetření plic*. 2. vyd. Praha: GEUM, 2004, s. 9-11. ISBN 80-86256-38-3.
- FORBES, S., A. GAME, D. SYROTUIK, R. JONES a G. J. BELL. The Effect of Inspiratory and Expiratory Respiratory Muscle Training in Rowers. *Research in Sports Medicine* [online]. 2011, 19(4), 217-230. ISSN 15438627. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15438627.2011.608033>
- GRIFFITHS, Lisa Ann. *The application of respiratory muscle training to competitive rowing* [online]. London, 2009. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=33ba0d68-43ef-407d-8635-b00bbd93d6e2%40sessionmgr4006&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtG12ZS ZzY29wZT1zaXRl#AN=9E0BE536A4A52B86&db=ddu>. Rigorous thesis. School of Sport and Education Brunel Univer

- GRIFFITHS, Lisa A. a Alison K. MCCONNELL. The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2007, 99(5), 457-466. DOI: 10.1007/s00421-006-0367-6. ISBN 10.1007/s00421-006-0367-6. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-006-0367-6>
- HAJGHANBARI, Bahareh, Cristiane YAMABAYASHI, Teryn R. BUNA, Jonathan D. COELHO, Kyle D. FREEDMAN, Trevor A. MORTON, Sheree A. PALMER, Melissa A. TOY, Cody WALSH, A. William SHEEL, W. Darlene REID. Effects of Respiratory Muscle Training on Performance in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2013, 27(6), 1643-1663. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318269f73f. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=87c4c809-aae6-43e0-8c55-8b2d289c3d5c%40sessionmgr4007>
- HARMS, Craig A., Thomas J. WETTER, Claudette M. ST. CROIX, David F. PEGELOW a Jerome A. DEMPSEY. Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2000, 89(1), 131-138. DOI: 10.1152/jappl.2000.89.1.131. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.2000.89.1.131>
- HART, N., K. SYLVESTER, S. WARD, D. CRAMER, J. MOXHAM a M.I. POLKEY. Evaluation of an inspiratory muscle trainer in healthy humans. *Respiratory Medicine* [online]. 2001, 95(6), 526-531. DOI: 10.1053/rmed.2001.1069. ISSN 09546111. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0954611101910698>
- HOSEA, Timothy M. a Jo A. HANNAFIN. Rowing Injuries. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach: A Multidisciplinary Approach* [online]. 2012, 4(3), 236-245. DOI: 10.1177/1941738112442484. ISSN 1941-7381. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1941738112442484>
- CHLUMSKÝ, Jan. Spiroergometrie (CPET) z pohledu pneumologa. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca* [online]. 2016, 25(3), 124-124. ISSN 12105481. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=2de309f3-e851-4c9f-bec9-d0341d05fbbc%40sessionmgr4009>
- ILLI, Sabine K., Ulrike HELD, Irène FRANK a Christina M. SPENGLER. Effect of Respiratory Muscle Training on Exercise Performance in Healthy Individuals. *Sports Medicine* [online]. 2012, 42(8), 707-724. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=f312703e-3707-4652-935f-a4ba591b45b7%40sessionmgr101>
- KOLÁŘ, Pavel. Postupy respirační fyzioterapie s využitím posturálně respiračních funkcí bránice. KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009, s. 255-260. ISBN 978-80-7262-657-1.
- MÁČEK, Miloš. Stručný přehled anatomie a fyziologie dýchacího systému. MÁČEK, Miloš a Libuše SMOLÍKOVÁ. *Pohybová léčba u plicních chorob: respirační fyzioterapie*. Praha: Victoria Publishing, 1995, s. 13-39. ISBN 80-7187-010-2.

- MÁČEK, Miloš a Jiří RADVANSKÝ. *Fyziologie a a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-695-3.
- MÁČEK, Miloš, Jiří RADVANSKÝ, Kryštof SLABÝ a Michal PROCHÁZKA. *Základy zátěžové fyziologie: poznámky*. Oddělení tělovýchovného lékařství - FN Motol, 2012.
- MCCONNELL, Alison K. a Michelle LOMAX. The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *The Journal of Physiology*[online]. 2006, 577(1), 445-457. DOI: 10.1113/jphysiol.2006.117614. ISSN 00223751. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.2006.117614>
- MCNALLY, Eugene, David WILSON a Stephen SEILER. Rowing Injuries. *Seminars in Musculoskeletal Radiology* [online]. 2005, 9(4), 379-396. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/c08f/d51253372a3d343c2dcbf77868c5bf9e94b2.pdf>
- MLČEK, M. Fyziologie dýchání. KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011, s. 263-309. ISBN 978-80-247-3068-4.
- MUSIL, J. a P. PLAČEK. Funkční diagnostika. MUSIL, Jaromír, František PETŘÍK a Martin TREFNÝ. *Pneumologie: (učebnice pro studenty lékařství)*. Praha: Karolinum, 2005, s. 10-19. ISBN 80-246-0993-2.
- NEPOMUCENO JÚNIOR, Balbino Rivail Ventura, Thaís Borges GÓMEZ a Mansueto GOMES NETO. Use of Powerbreathe® in inspiratory muscle training for athletes: systematic review. *Fisioterapia em Movimento* [online]. 2016, 29(4), 821-830. DOI: 10.1590/1980-5918.029.004.ao19. ISSN 0103-5150.
- NEUMANNOVÁ, Kateřina, Jakub ZATLOUKAL a Vladimír KOBLÍŽEK. Doporučený postup plicní rehabilitace [online]. 2014. Dostupné z: <http://www.pneumologie.cz/guidelines/>
- NILSEN, Thor S., DAIGNEAULT, Ted a Matt SMITH, ed. Basic Rowing Physiology. *www.worldrowing.com*[online]. Dostupné z: http://www.worldrowing.com/mm/Document/General/General/12/18/50/Chapter2-BasicRowingPh_English.pdf
- NOLTE, Volker. *Rowing faster*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2011. ISBN 978-0-7360-9040-7.
- PANUŠKA, Přemysl. *Veslařský trénink* [online]. In: Praha: ČVS, 2001. Dostupné z: <http://www.veslo.cz/premysl-panuska-veslarsky-trenink/73791/panuska.pdf>
- RIGANAS, C.S., I.S. VRABAS, K. CHRISTOULAS a K. MANDROUKAS. Specific inspiratory muscle training does not improve performance or VO2max levels in well trained rowers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* [online]. 2008, 48(3) [cit. 2018-04-22]. ISSN 0022-4707.

- RUMBALL, Jane S., Constance M. LEBRUN, Stephen R. DI CIACCA a Karen ORLANDO. Rowing Injuries. *Sports Medicine* [online]. 2005, 35(6), 537-555 ISSN 01121642. Dostupné z: <https://www.ebsco.com>
- SATINSKÁ, Jana. Spirometrie, křivka průtok - objem. FIŠEROVÁ, Jarmila, Jan CHLUMSKÝ a Jana SATINSKÁ. *Funkční vyšetření plic*. 2. vyd. Praha: GEUM, 2004, s. 13-23. ISBN 80-86256-38-3.
- SEALS, Douglas R. Robin Hood for the lungs? A respiratory metaboreflex that 'steals' blood flow from locomotor muscles. *The Journal of Physiology* [online]. 2001, 537(1), 2-2. DOI: 10.1111/j.1469-7793.2001.0002k.x. ISSN 00223751. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-7793.2001.0002k.x>
- SECHER, Niels H. Physiological and Biomechanical Aspects of Rowing. *Sports Medicine* [online]. 1993, 15(1), 24-42. DOI: 10.2165/00007256-199315010-00004. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.2165/00007256-199315010-00004>
- SLAVÍKOVÁ, Jana a Jitka ŠVÍGLEROVÁ. *Fyziologie dýchání*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2065-7.
- SMOLÍKOVÁ, Libuše. Korekční fyzioterapie posturálního systému. KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009, s. 252-254. ISBN 978-80-7262-657-1.
- SMOLÍKOVÁ, Libuše. Péče o hygienu dechové soustavy. SMOLÍKOVÁ, Libuše a Miloš. *Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010, s. 72-89. ISBN 978-80-7013-527-3.
- STEINACKER, Jürgen M. Physiological aspects of training in rowing. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 1993, (14), S3-S10. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Juergen_Steinacker/publication/14935997_Physiological_aspects_of_training_in_rowing/links/0c960516eeb4d82945000000/Physiological-aspects-of-training-in-rowing.pdf
- ŠTĚPÁNÍK, Milan. Vyšetření nepřímo měřitelných statických plicních objemů a kapacit. FIŠEROVÁ, Jarmila, Jan CHLUMSKÝ a Jana SATINSKÁ. *Funkční vyšetření plic*. 2. vyd. Praha: GEUM, 2004, s. 24-32. ISBN 80-86256-38-3.
- VALOUCHOVÁ, Petra a Pavel KOLÁŘ. Vyšetření posturální stabilizace a posturální stability. KOLÁŘ, Pavel et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009, s. 51-56. ISBN 978-80-7262-657-1.
- VÉLE, František. Dýchací pohyby. VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006, s. 227-236. ISBN 80-7254-837-9.
- VOLIANITIS, Stefanos, Alison K. MCCONNELL, Yiannis KOUTEDAKIS, Lars MCNAUGHTON, Karriane BACKX a David A. JONES. Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine* [online]. 2001, 33(5), 803-809. ISSN 01959131. Dostupné z:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/results?vid=1&sid=aa2be74b-425f-4bbb-94dc-9a4493e73e2b%40sessionmgr101&bquery=Inspiratory+muscle+training+improves+rowing+performance&bdata=JmRiPXMzaCZ0eXBIPtAmc210ZT1laG9zdC1saXZl>

VYŠKOVSKÝ, Daniel. *Spirometrie* [online]. Vysoké učení technické v Brně, 2014.

Dostupné z:

https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/31587/Daniel_Vyskovsky_DP.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.

WITT, Jonathan D., Jordan A. GUENETTE, Jim L. RUPERT, Donald C. MCKENZIE a A. William SHEEL. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *The Journal of Physiology* [online]. 2007, 584(3), 1019-1028.

DOI: 10.1113/jphysiol.2007.140855. ISSN 00223751. Dostupné z:

<http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.2007.140855>

ZBOŘILOVÁ, Martina. *Komparativní kineziologická analýza záběru při veslování na skifu a při jízdě na trenažeru Concept 2 D PM3*. [online]. Praha, 2017. Dostupné z:

https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/93916/IPTX_2014_2_11510_0_424101_0_166150.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Disertace. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu.

ŽURKOVÁ, Petra a Adel SHUDEIWA. Vyšetření funkce plic a respiračních svalů u pacientů s neuromuskulárním onemocněním. *Neurologie pro praxi* [online].

2012, 13(6), 336-340. Dostupné z:

http://www.mygra.cz/upload/docs/rehab_z_cl_2014.pdf

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Průměrný timing fází dýchání v průběhu 10minutového veslování u 4 vrcholových veslařů (Bateman et al., 2006)	21
Obrázek 2. Průměrný timing fází dýchání v průběhu 10minutového veslování u 7 „seniorských“ veslařů (Bateman et al., 2006).....	21
Obrázek 3. Křivka průtok-objem (flow-volume) (Kittnar, 2000).....	25
Obrázek 4. Inspirační trenažer POWERbreathe Plus (www.powerbreathe.com)	29
Obrázek 5. Pohled z předu, zezadu, z boku - L.A. (21.12.2017).....	38
Obrázek 6. Trendelenburgův test - L.A. (21.12.2017).....	39
Obrázek 7. Test polohy na čtyřech pohled z boku a shora – L.A. (21.12.2017)	40
Obrázek 8. Test hlubokého dřepu – L.A. (21.12.2017)	40
Obrázek 9. Pohled z předu, zezadu, z boku - L.A. (19.3.2018).....	41
Obrázek 10. Vyšetření Trendelenburgova testu - L.A. (19.3.2018)	41
Obrázek 11. Test polohy na čtyřech pohled z boku a shora - L.A. (19.3.2018).....	43
Obrázek 12. Test hlubokého dřepu - L.A. (19.3.2018).....	43
Obrázek 13. Pohled z předu, zezadu, z boku – A.S. (21.12.2017)	44
Obrázek 14. Trendelenburgův test – A.S. (21.12.2017)	45
Obrázek 15. Test polohy na čtyřech – A.S. (21.12.2017).....	46
Obrázek 16. Test hlubokého dřepu – A.S. (21.12.2017)	46
Obrázek 17. Pohled z předu, zezadu, z boku – A.S. (19.3.2018)	47
Obrázek 18. Trendelenburgův test – A.S. (19.3.2018)	47
Obrázek 19. Test polohy na čtyřech pohled z boku a shora – A.S. (19.3.2018).....	49
Obrázek 20. Test hlubokého dřepu – A.S. (19.3.2018)	49
Obrázek 21. Pohled z předu, zezadu a z boku – K.F. (21.12.2017).....	51
Obrázek 22. Trendelenburgův test – K.F. (21.12.2017)	51
Obrázek 23. Test polohy na čtyřech pohled z boku a shora – K.F. (21.12.2017).....	52
Obrázek 24. Test hlubokého dřepu – K.F. (21.12.2017)	53
Obrázek 25. Pohled z předu, zezadu a z boku – K.F. (19.3.2018).....	53
Obrázek 26. Trendelenburgův test – K.F. (19.3.2018)	54
Obrázek 27. Test polohy na čtyřech pohled z boku a shora – K.F. (19.3.2018).....	55
Obrázek 28. Test hlubokého dřepu – K.F. (19.3.2018)	55

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Přehled plicních objemů (Musil, Plaček, 2005).....	24
Tabulka 2. Přehled plicních kapacit (Musil, Plaček, 2005; Vyškovský, 2014)	24
Tabulka 3. Dynamické plicní objemy (Musil, Plaček, 2005; Vyškovský, 2014)	26
Tabulka 4. Výsledky studie „Inspiratory muscle taining impoves rowing performance“ (Volianitis et al., 2001)	32
Tabulka 5. Naměřené hodnoty před započítím a po ukončení IMT.....	57

10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1. Čtyři pásma intenzity aerobního tréninku u veslařů (Panuška, 2001).....	72
Příloha 2. Trénink rozvoje silových schopností (Panuška, 2001).....	73
Příloha 3. Spirometrie před a po zátěži - L.A. (21.12.2017).....	74
Příloha 4. Vyšetření PI_{max} před a po zátěži - L.A. (21.12.2017).....	75
Příloha 5. Spirometrie před a po zátěži - L.A. (19.3.2018).....	76
Příloha 6. Vyšetření PI_{max} před a po zátěži - L.A. (19.3.2018).....	77
Příloha 7. Spirometrie – A.S. (21.12.2017)	78
Příloha 8. Vyšetření PI_{max} – A.S. (21.12.2017)	79
Příloha 9. Spirometrie – A.S. (7.3.2018)	80
Příloha 10. Vyšetření PI_{max} – A.S. (7.3.2018)	81
Příloha 11. Spirometrie - K.F. (21.12.2017).....	82
Příloha 12. Vyšetření PI_{max} - K.F. (21.12.2017).....	83
Příloha 13. Spirometrie - K.F. (19.3.2018).....	84
Příloha 14. Vyšetření PI_{max} - K.F. (19.3.2018)	85
Příloha 15. Tepová frekvence při 6 min. testování před IMT (vlevo) a po IMT (vpravo) - L.A.	86
Příloha 16. Tepová frekvence při 6 min. testování před IMT (nahore) a po IMT (dole) – A.S.	86
Příloha 17. Tepová frekvence při 6 min. testování před IMT (vlevo) a po IMT (vpravo) - K.F.	86

11 PŘÍLOHY

	Typ aktivity	Provedení / Metody	Efekt na organismus	Zastoupení v tréninku
Pásmo intenzity I. (základní vytrvalost I.)	Pod a na úrovni aerobního prahu 4 min – 2hod. na stejně intenzitě („steady-state“) tréninkových jednotek za týden: 3–8 tréninkových jednotek za den 1-3		Ovlivnění pomalých svalových vláken rozvíjení základní vytrvalost využití k rozvoji technických dovedností	80 % celkového tréninku
Pásmo intenzity II. (základní vytrvalost II.)	Mezi aerobním a anaerobním prahem (laktát v krvi: 2–4 mmol/l) 45 min. – 2hod. tréninkových jednotek za týden: 2–5 tréninkových jednotek za den 1-3	Setrvalé zatížení dlouhé intervaly (s mírně proměnlivou intenzitou)	Posílení motorických center	Po 2-3 týdnech tréninku základní vytrvalosti I.
Pásmo intenzity III. (ANP)	V blízkosti úrovně anaerobního prahu (laktát v krvi: 3,5 – 5 mmol/l) 30–90 min. tréninkových jednotek za týden: 1–5 tréninkových jednotek za den: 1–2	Metoda intenzivního souvislého zatížení – na/pod úrovni anaerobního prahu metoda střídavého zatížení (5'-10'/ 5'-10') – střídání intenzit nad a pod anaerobním prahem	Zvýšení výkonnosti na úrovni anaerobního prahu	
Pásmo intenzity IV. (anaerobní kapacita)	Mezi anaerobním prahem a VO ₂ max na úrovni 86 % VO ₂ max 30–90 min. tréninkových jednotek za týden: 1–3 tréninkových jednotek za den: 1	Metoda intervalového tréninku (4' - 10'/ 8' - 20')	Zvýšení maximálního výkonu v testu o 3–5 % (po 3 týdnech) zvýšení VO ₂ max zvýšení schopnosti odbourávat laktát adaptační mechanismus – práce srdečního svalu (jaký?)	Během předzávodního a závodního období (zbytek roku 1- 2x za měsíc)

Příloha 1. Čtyři pásma intenzity aerobního tréninku u veslařů (Panuška, 2001)

	Metody	Provedení
Základní etapa rozvoje silových schopností	<p>2 cykly, max. 15 týdnů</p> <p>První cyklus (3–5 týdnů): zaměření na symetrii svalstva, určení správné techniky posilování, příprava na trénink vysoké intenzity zatížení</p> <p>Druhý cyklus (8-10 týden): rozvoj základní úrovně silových schopností, rozvoj maximální síly, příprava na zvyšování intenzity</p> <p>Charakteristické: snižování počtu opakování, zvyšování zatížení (v % maximálního výkonu) a zvyšování rychlosti provedení – při pomalém provedení cviku – zapojení pomalých sval. Vlákén</p>	<p>První cyklus: intenzita 50-70 % max. výkonu, rychlost: 20-25/min., 3-5 typů cviků, 8-12 opakování, 3-5 sérií, 3-6 x za týden</p> <p>Druhý cyklus: intenzita 80-95 % max. výkonu, rychlost: 20-30/min., 3-5 typů cviků, 2-8 opakování, 3-5 sérií, 4-6 x za týden</p>
Specifická etapa přípravy rozvoje silových schopností	<p>6-8 týdnů</p> <p>rozvoj specifické veslařské síly, udržení úrovně silových schopností, příprava na využití síly při výkonu na vodě</p> <p>První týdny: posilování s vysokou zátěží, poté se zaměřuje na rozvoj silové vytrvalosti</p> <p>Frekvence prováděných cviků je okolo počtu záběrů při veslařském závodě</p> <p>Důraz kladen na: výbušné síly</p>	<p>Intenzita 30-85 % max. výkonu, rychlost: 38-45/min., 3-5 typů cviků, 6-100 opakování, 2-5 sérií, 3-5 x za týden</p>
Předzávodní etapa přípravy rozvoje silových schopností	<p>4-8 týdnů</p> <p>rozvoj specifické veslařské síly, přenos silových schopností pro výkon na vodě</p>	<p>Intenzita 30-50 % max. výkonu, rychlost: 25-35/min., 50-120 opakování, 2-5 sérií, 2-3krát za týden</p>
Rozvoj silových schopností v závodní etapě přípravy	<p>Udržet silové schopnosti</p>	<p>Intenzita 70-80 % max. výkonu, rychlost: 30/min., 3-5 typů cviků, 6-12 opakování, 3-5 sérií, 1-2krát za týden</p>

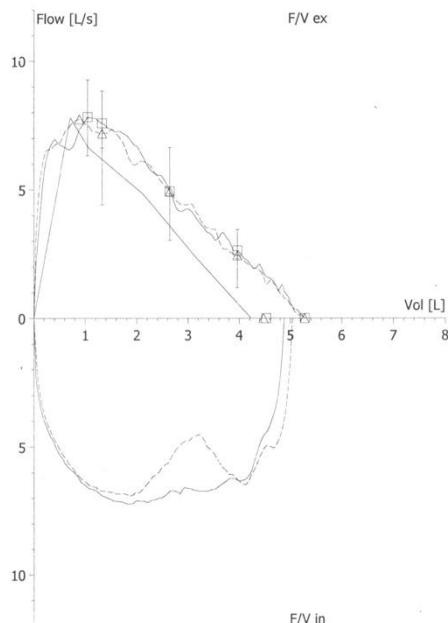
Příloha 2. Trénink rozvoje silových schopností (Panuška, 2001)

Oddělení tělovýchovného lékařství, funkční zátěžová laboratoř
 Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství FN Motol
 Primář: Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.
 V Úvalu 84, 15006 Praha 5, tel. +420224435511

Flow-Volume

Last Name: [REDACTED]
 Identification: [REDACTED]
 Date of Birth: [REDACTED]
 Weight: 72,0 kg
 Height: 176,0 cm

First Name: [REDACTED]
 Sex: female
 Age: 26 Years
 BMI: 23,24
 Race: Biloch

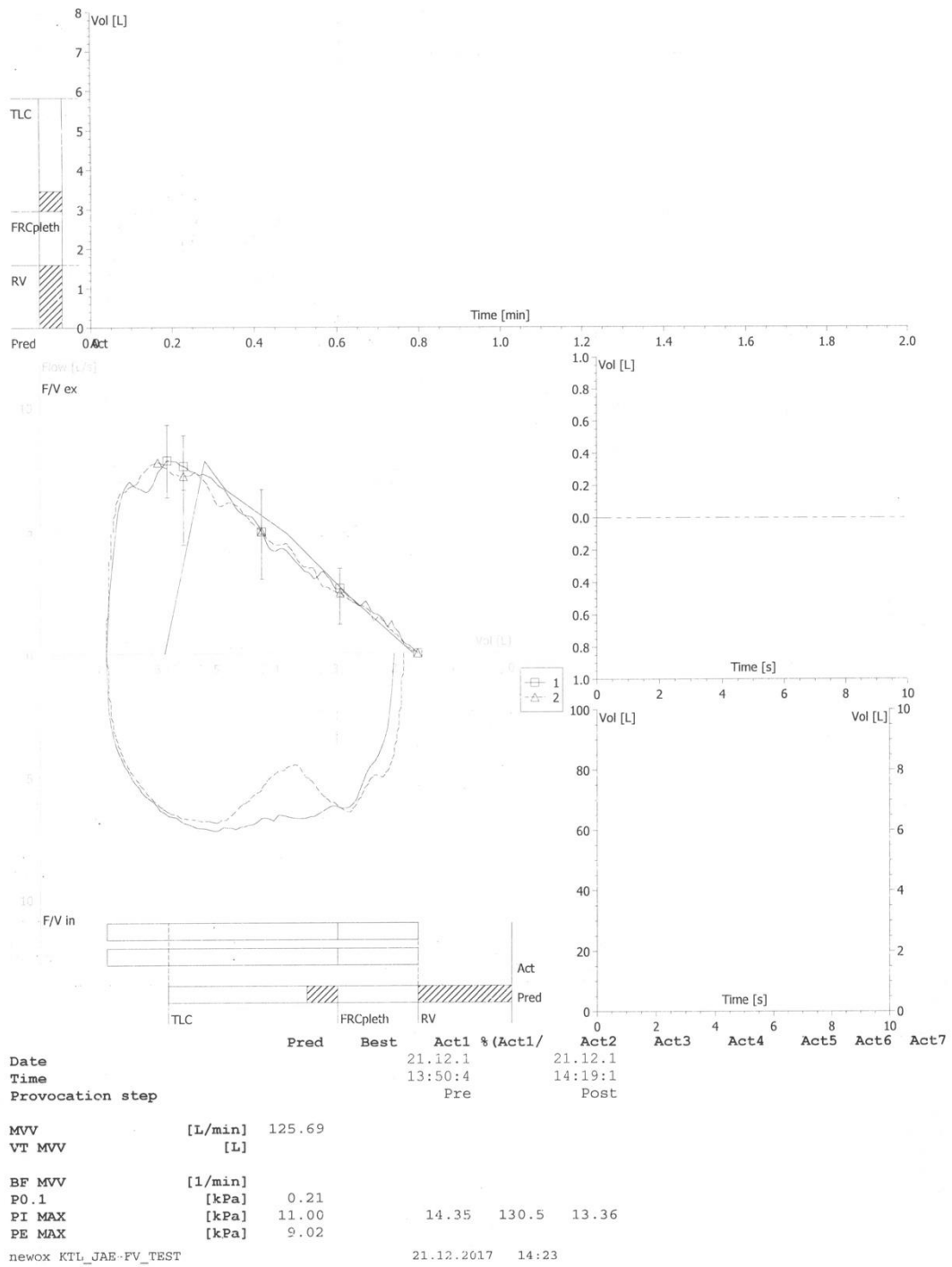


	Pred	Act1	%Act1/Pr	Act2	%Act2/1
VC MAX	4.30	5.28	122.8	5.28	100.0
VC EX	4.30				
VC IN	4.30				
IC	2.93				
ERV	1.37				
VT	0.51				
FVC	4.23	5.28	124.7	5.28	100.0
FEV 1	3.70	4.53	122.3	4.47	98.7
FEV1%M	84.16	85.83	102.0	84.77	93.8
FEV1%F		85.83		84.77	98.8
PEF	7.79	7.82	100.4	7.73	98.9
MEF 75	6.62	7.58	114.6	7.17	94.6
MEF 50	4.82	4.92	102.1	4.92	99.9
MEF 25	2.31	2.63	114.1	2.44	92.6
MMEF	4.24	4.63	109.3	4.55	98.3
FET		11.35		4.32	38.1
FETPEF		0.13		0.11	85.6
VBEex		0.15		0.06	43.8
VBe%FV		2.80		1.23	43.8
Date	21.12.17			21.12.17	
Time	13:50:40			14:19:15	
Step		Pre		Post	

newox KTL_JAE-FV_TEST

21.12.2017 14:23

Příloha 3. Spirometrie před a po zátěži - L.A. (21.12.2017)



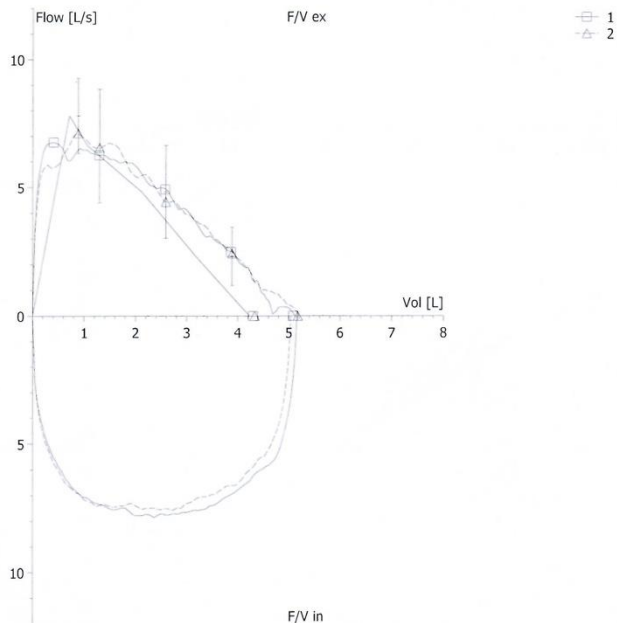
Příloha 4. Vyšetření PI_{max} před a po zátěži - L.A. (21.12.2017)

Oddělení tělovýchovného lékařství, funkční zátěžová laboratoř
 Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství FN Motol
 Primář: Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.
 V Úvalu 84, 15006 Praha 5, tel. +420224435511

Flow-Volume

Last Name: [REDACTED]
 Identification: [REDACTED]
 Date of Birth: [REDACTED]
 Weight: 70,0 kg
 Height: 176,0 cm

First Name: [REDACTED]
 Sex: female
 Age: 26 Years
 BMI: 22,60
 Race: Bíloch

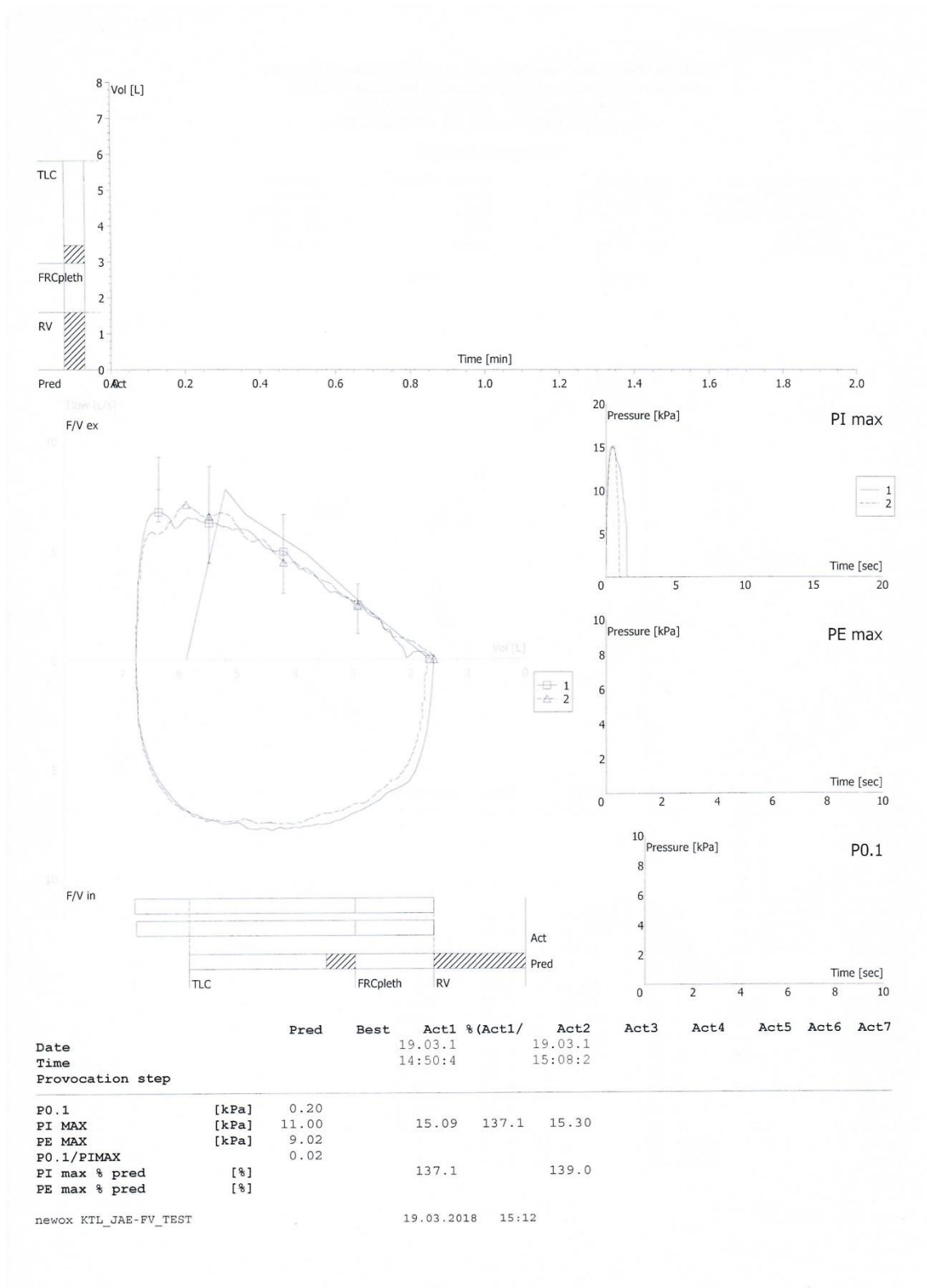


	Pred	Act1	%Act1/Pr	Act2	%Act2/1
VC MAX	4.30	5.15	119.8	5.18	100.5
VC EX	4.30				
VC IN	4.30				
IC	2.93				
ERV	1.37				
VT	0.50				
FVC	4.23	5.08	120.1	5.18	101.8
FEV 1	3.70	4.29	116.0	4.33	100.8
FEV1%M	84.16	83.40	99.1	83.62	100.3
FEV1%F		84.48		83.62	99.0
PEF	7.79	6.75	86.6	7.09	105.1
MEF 75	6.62	6.25	94.4	6.54	104.7
MEF 50	4.82	4.92	102.0	4.43	90.1
MEF 25	2.31	2.48	107.3	2.42	97.7
MMEF	4.24	4.36	103.0	4.31	98.8
FET		5.55		2.50	45.1
FETPEF		0.06		0.12	209.3
VBEex		0.04		0.10	241.9
VBe%FV		0.84		2.01	237.5
Date	19.03.18			19.03.18	
Time	14:50:49			15:08:24	
Step					

newox KTL_JAE-FV_TEST

19.03.2018 15:12

Příloha 5. Spirometrie před a po zátěži - L.A. (19.3.2018)



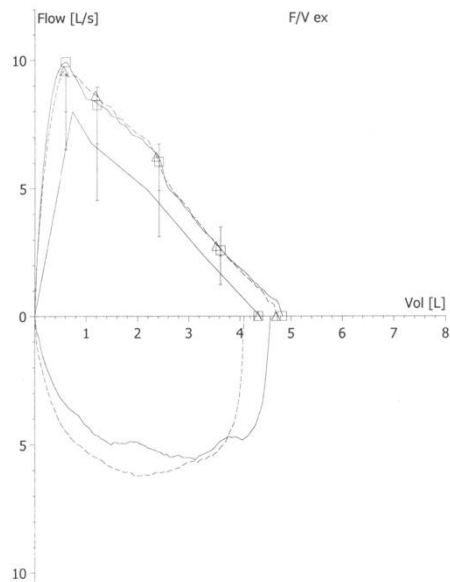
Příloha 6. Vyšetření PI_{max} před a po zátěži - L.A. (19.3.2018)

Oddělení tělovýchovného lékařství, funkční zátěžová laboratoř
 Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství FN Motol
 Primář: Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.
 V Úvalu 84, 15006 Praha 5, tel. +420224435511

Flow-Volume

Last Name: [REDACTED]
 Identification: [REDACTED]
 Date of Birth: [REDACTED]
 Weight: 72,70 kg
 Height: 179,0 cm

First Name: [REDACTED]
 Sex: female
 Age: 24 Years
 BMI: 22,47
 Race: Biloch

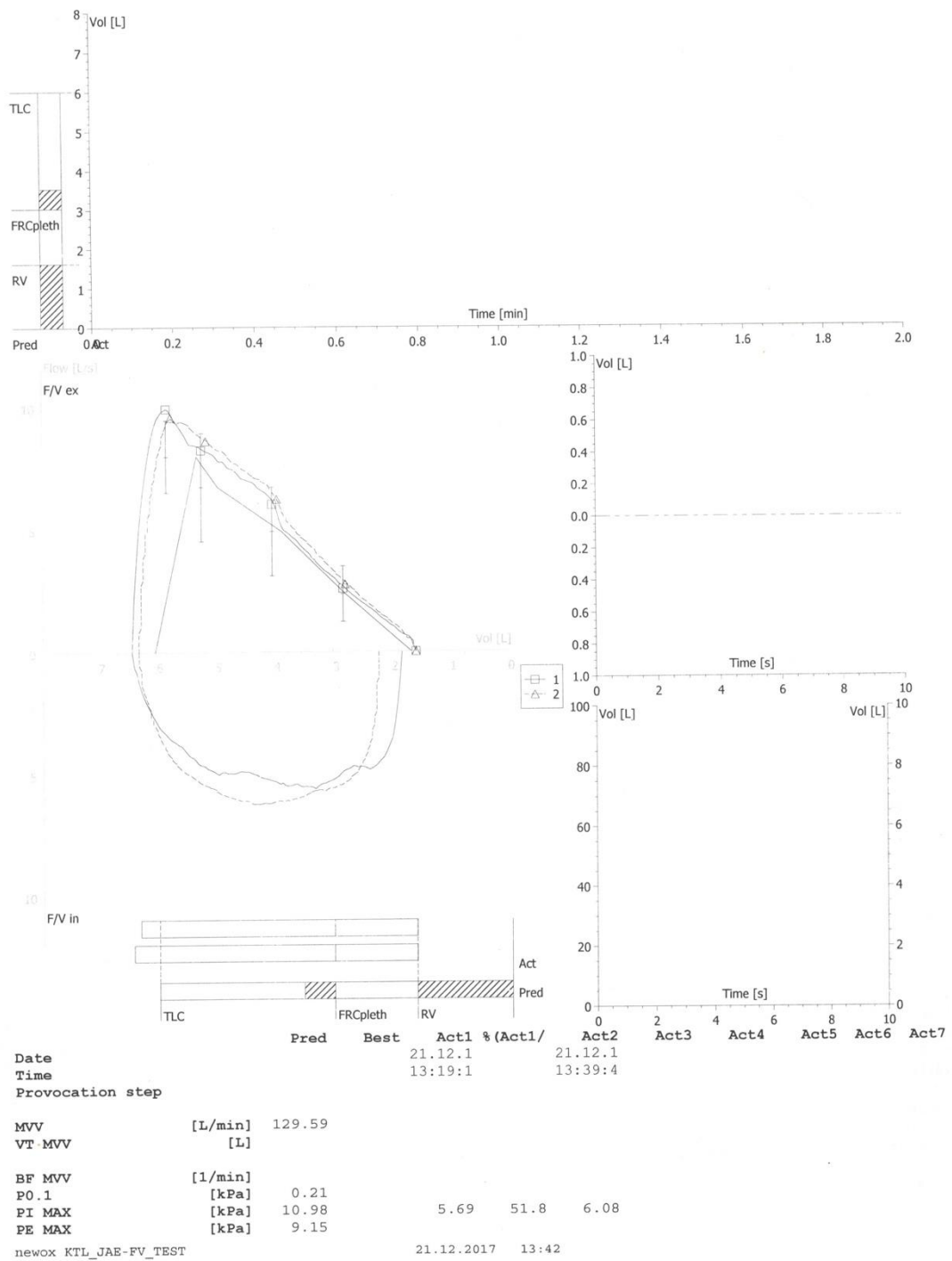


	Pred	Act1	%Act1/Pr	Act2	%Act2/1
VC MAX	4.46	4.82	108.1	4.71	97.6
VC EX	4.46				
VC IN	4.46				
IC	3.08				
ERV	1.41				
VT	0.51				
FVC	4.39	4.82	109.9	4.71	97.6
FEV 1	3.85	4.36	113.4	4.35	99.8
FEV1%M	84.35	90.39	107.2	92.39	102.2
FEV1%F		90.39		92.39	102.2
PEF	7.99	9.93	124.4	9.58	96.5
MEF 75	6.74	8.24	122.3	8.61	104.6
MEF 50	4.92	6.03	122.6	6.23	103.2
MEF 25	2.36	2.59	109.4	2.76	106.7
MMEF	4.31	5.02	116.6	5.35	106.5
FET		1.76		1.59	90.2
FETPEF		0.06		0.06	96.7
VBEex		0.08		0.13	161.1
VBe%FV		1.62		2.68	165.1
Date	21.12.17			21.12.17	
Time	13:19:14			13:39:47	
Step					

newox KTL_JAE-FV_TEST

21.12.2017 13:42

Příloha 7. Spirometrie – A.S. (21.12.2017)

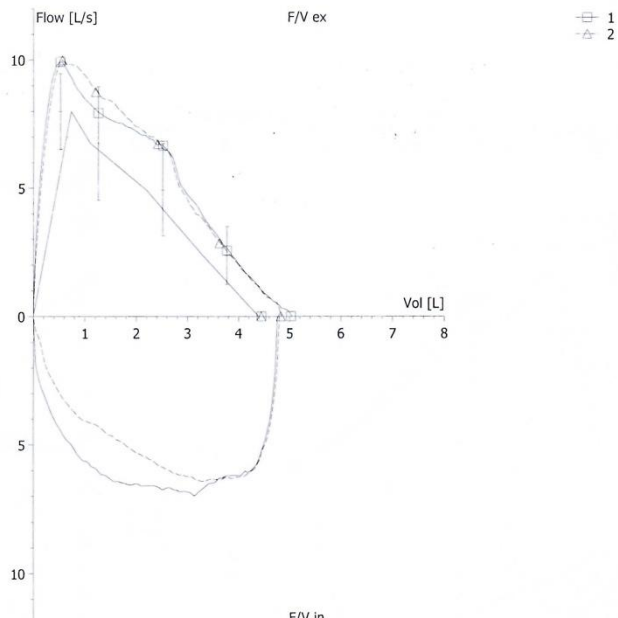


Příloha 8. Vyšetření PI_{max} – A.S. (21.12.2017)

Oddělení tělovýchovného lékařství, funkční zátěžová laboratoř
 Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství FN Motol
 Primář: Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.
 V Úvalu 84, 15006 Praha 5, tel. +420224435511

Flow-Volume

Last Name:	[REDACTED]	First Name:	[REDACTED]
Identification:	[REDACTED]	Sex:	female
Date of Birth:	[REDACTED]	Age:	25 Years
Weight:	71,0 kg	BMI:	22,16
Height:	179,0 cm	Race:	Bílých

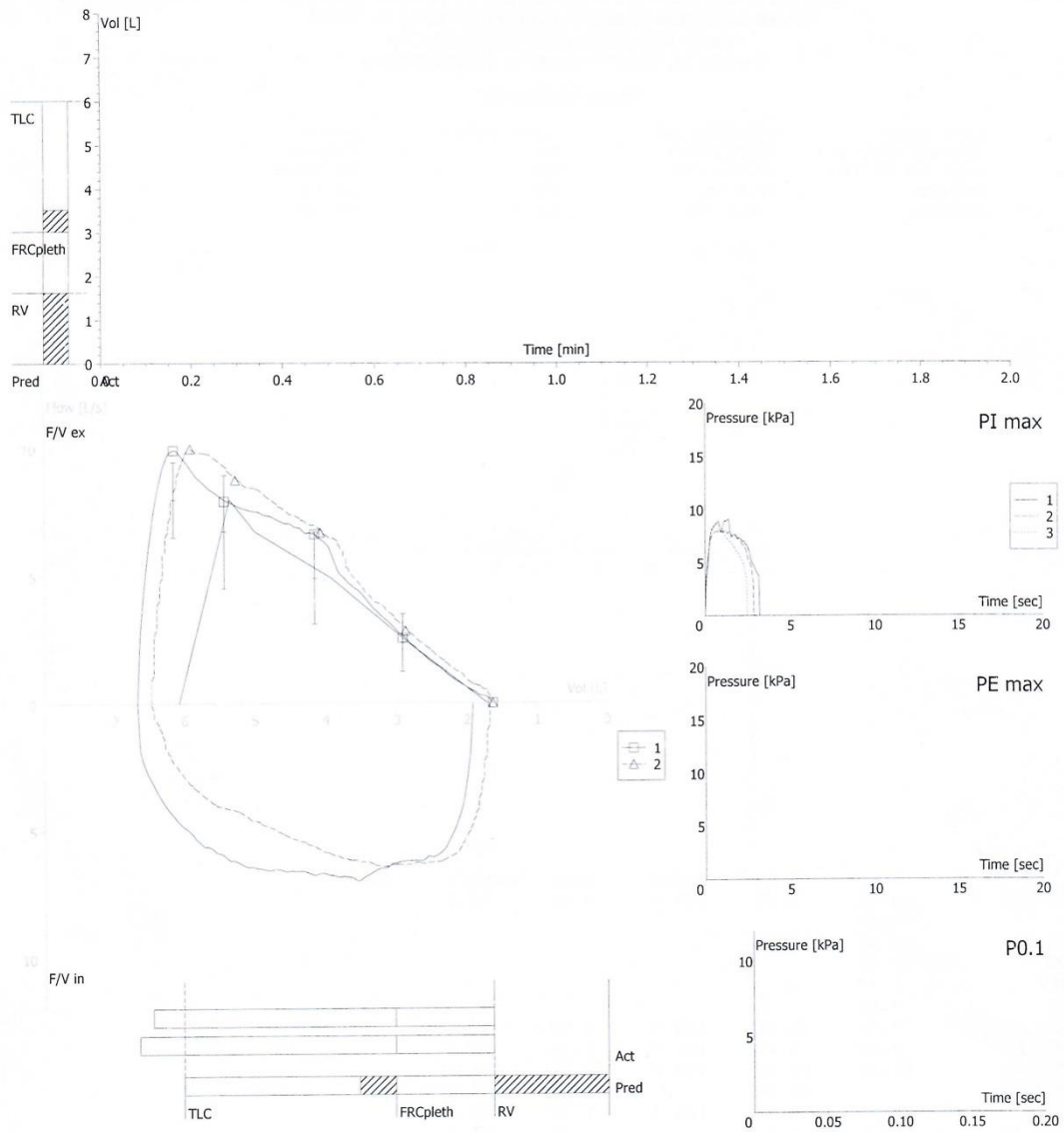


	Pred	Act1	%Act1/Pr	Act2	%Act2/1	Act3
VC MAX	4.46	5.02	112.6	4.82	96.1	
VC EX	4.46					
VC IN	4.46					
IC	3.07					
ERV	1.39					
VT	0.51					
FVC	4.39	5.02	114.4	4.82	96.1	
FEV 1	3.85	4.45	115.7	4.44	99.9	
FEV1%M	84.35	88.54	105.0	92.10	104.0	
FEV1%F		88.54		92.10	104.0	
PEF	7.99	9.92	124.3	9.99	100.6	
MEF 75	6.74	7.93	117.6	8.75	110.4	
MEF 50	4.92	6.64	134.9	6.70	100.9	
MEF 25	2.36	2.55	108.0	2.83	111.0	
MMEF	4.31	5.34	124.1	5.74	107.5	
FET		2.42		1.72	70.8	
FETPEF		0.05		0.06	107.0	
VBEex		0.07		0.14	192.7	
VBe%FV		1.40		2.81	200.6	
Date		07.03.18		07.03.18		07.03.18
Time		14:56:35		15:03:30		15:23:18
Step						

newox KTL_JAE-FV_TEST

07.03.2018 15:25

Příloha 9. Spirometrie – A.S. (7.3.2018)



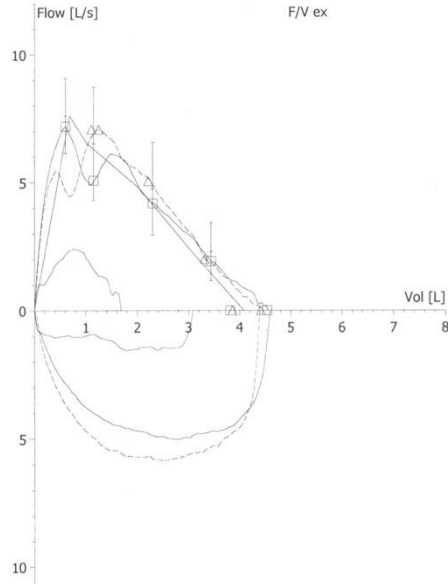
		Pred	Best	Act1	% (Act1/	Act2	Act3	Act4	Act5	Act6	Act7
Date			07.03.1			07.03.1	07.03.1				
Time			14:56:3			15:03:3	15:23:1				
Provocation step											
PO.1	[kPa]	0.20									
PI MAX	[kPa]	10.97		9.13	83.3	8.07	8.65				
PE MAX	[kPa]	9.09									
PO.1/PIMAX		0.02									
PI max % pred	[%]				83.3	73.6	78.9				
PE max % pred	[%]										
newox KTL_JAE-FV_TEST			07.03.2018	15:25							

Příloha 10. Vyšetření PI_{max} – A.S. (7.3.2018)

Oddělení tělovýchovného lékařství, funkční zátěžová laboratoř
 Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství FN Motol
 Primář: Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.
 V Úvalu 84, 15006 Praha 5, tel. +420224435511

Flow-Volume

Last Name: [REDACTED] First Name: [REDACTED]
 Identification: [REDACTED] Sex: female
 Date of Birth: [REDACTED] Age: 25 Years
 Weight: 67,0 kg BMI: 22,65
 Height: 172,0 cm Race: Biloch

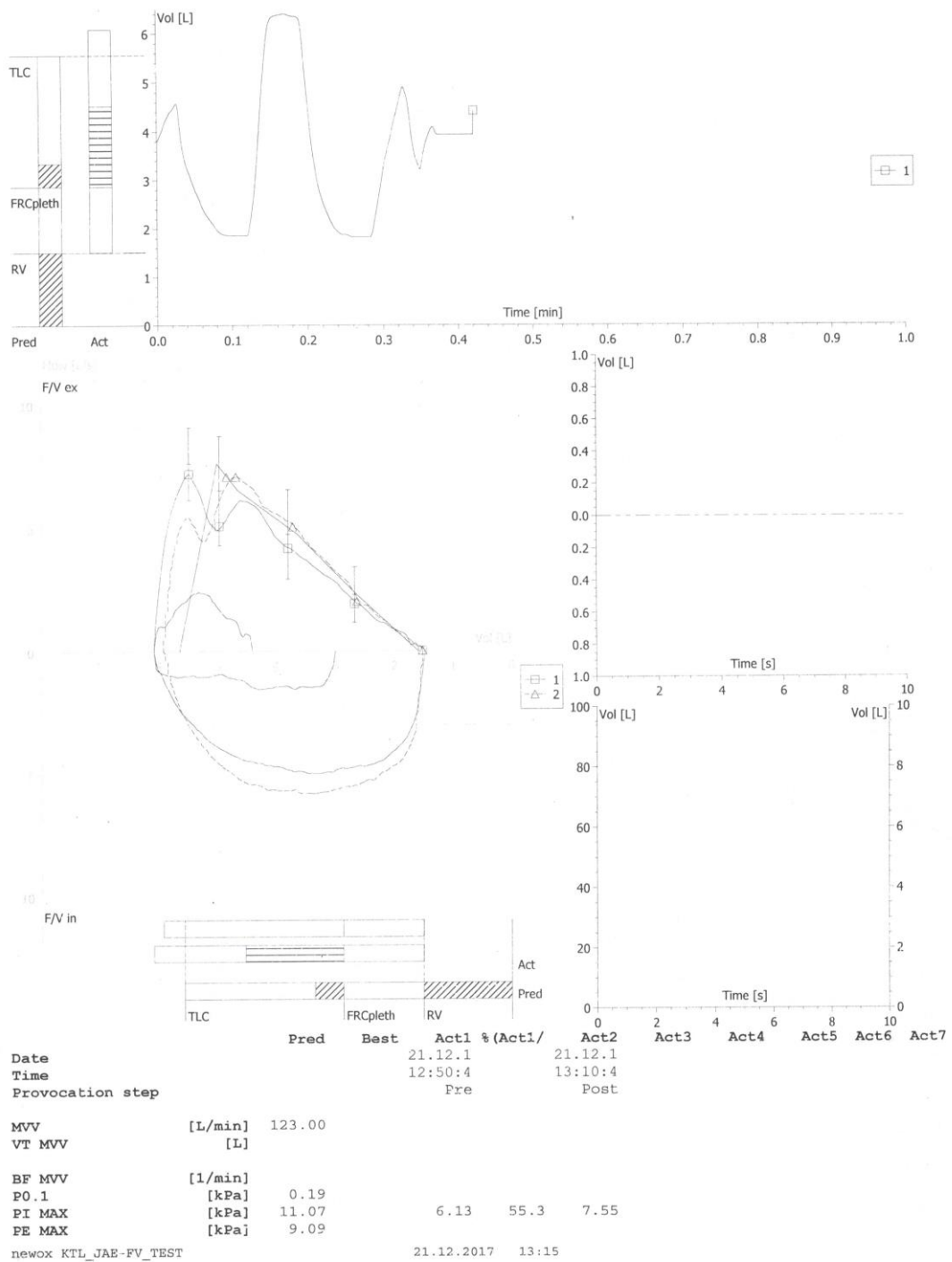


	Pred	Act1	%Act1/Pr	Act2	%Act2/1
VC MAX	4.14	4.58	110.7	4.41	96.4
VC EX	4.14				
VC IN	4.14				
IC	2.77				
ERV	1.36				
VT	0.48	1.65	345.4		
FVC	4.08	4.54	111.3	4.41	97.1
FEV 1	3.57	3.81	106.7	3.85	101.2
FEV1%M	84.35	83.23	98.7	87.38	105.0
FEV1%F		83.87		87.38	104.2
PEF	7.60	7.19	94.6	7.06	98.2
MEF 75	6.51	5.07	77.8	7.06	139.3
MEF 50	4.75	4.18	88.0	5.05	120.8
MEF 25	2.29	1.92	83.8	2.01	104.7
MMEF	4.22	3.94	93.5	4.51	114.2
FET		3.59		3.54	98.4
FETPEF		0.08		0.18	210.4
VBEex		0.11		0.26	242.6
VBe%FV		2.34		5.84	249.7
Date	21.12.17			21.12.17	
Time	12:50:40			13:10:43	
Step		Pre		Post	

newox KTL_JAE-FV_TEST

21.12.2017 13:15

Příloha 11. Spirometrie - K.F. (21.12.2017)

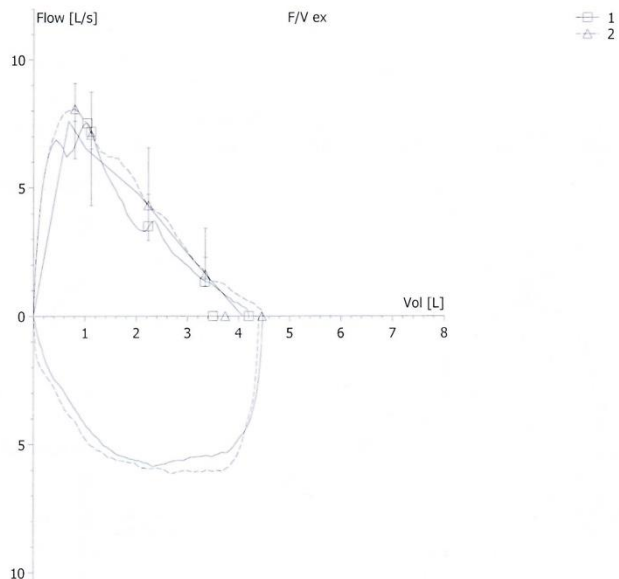


Příloha 12. Vyšetření PI_{max} - K.F. (21.12.2017)

Oddělení tělovýchovného lékařství, funkční zátěžová laboratoř
 Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství FN Motol
 Primář: Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.
 V Úvalu 84, 15006 Praha 5, tel. +420224435511

Flow-Volume

Last Name:	[REDACTED]	First Name:	[REDACTED]
Identification:	[REDACTED]	Sex:	female
Date of Birth:	[REDACTED]	Age:	25 Years
Weight:	70,0 kg	BMI:	23,66
Height:	172,0 cm	Race:	Bílých

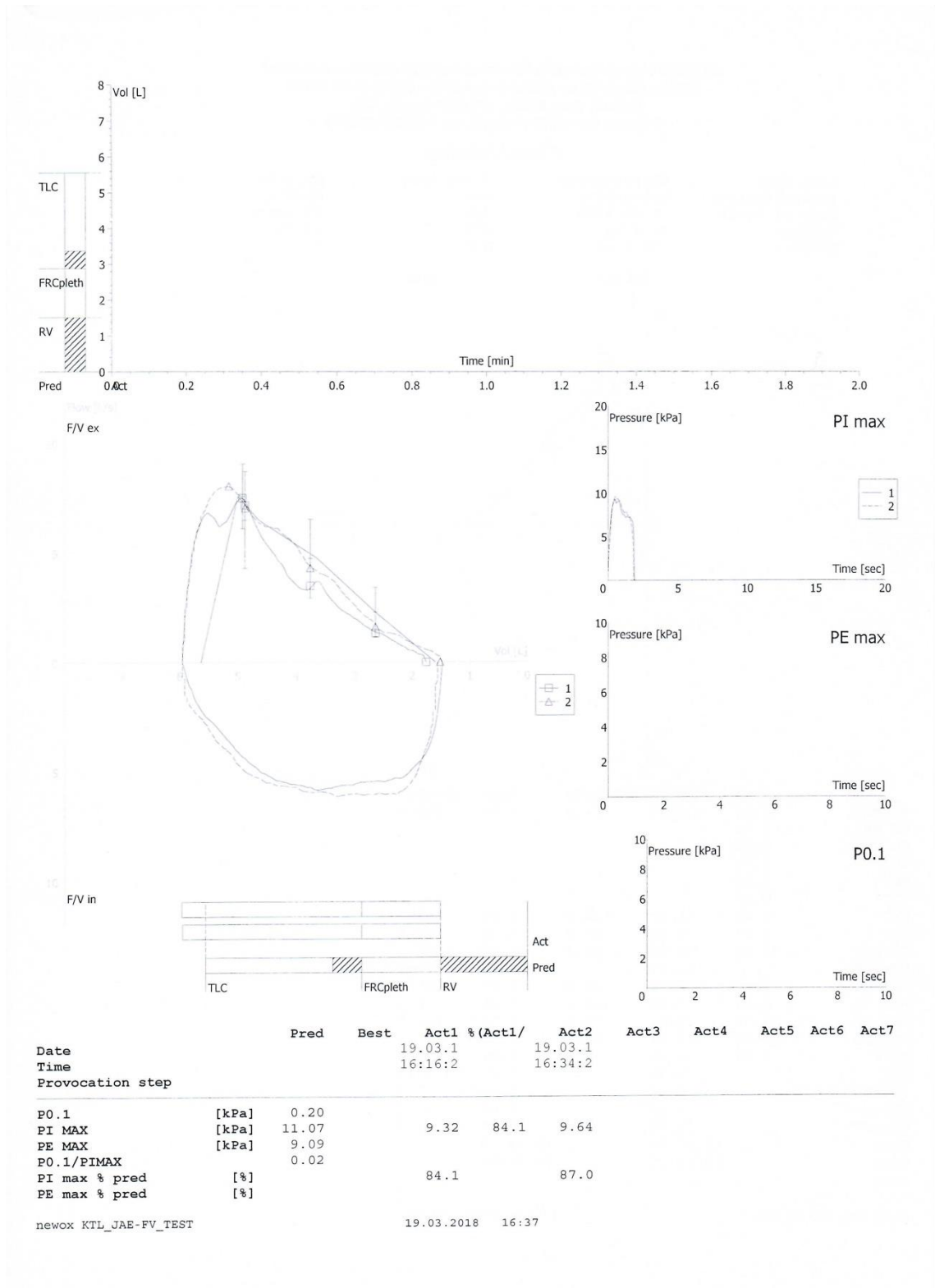


	Pred	Act1	%Act1/Pr	Act2	%Act2/1
VC MAX	4.14	4.45	107.5	4.46	100.3
VC EX	4.14				
VC IN	4.14				
IC	2.77				
ERV	1.36				
VT	0.50				
FVC	4.08	4.20	102.9	4.46	106.2
FEV 1	3.57	3.50	97.9	3.73	106.8
FEV1%M	84.35	78.62	93.2	83.77	106.5
FEV1%F		83.29		83.77	100.6
PEF	7.60	7.52	98.9	8.07	107.3
MEF 75	6.51	7.19	110.4	7.06	98.2
MEF 50	4.75	3.51	73.8	4.31	122.9
MEF 25	2.29	1.33	58.2	1.62	121.4
MMEF	4.22	2.96	70.2	3.84	129.7
FET		2.33		2.27	97.5
FETPEF		0.14		0.10	71.7
VBEex		0.13		0.08	65.7
VBe%FV		3.02		1.87	61.9
Date	19.03.18			19.03.18	
Time	16:16:23			16:34:24	
Step					

newox KTL_JAE-FV_TEST

19.03.2018 16:37

Příloha 13. Spirometrie - K.F. (19.3.2018)



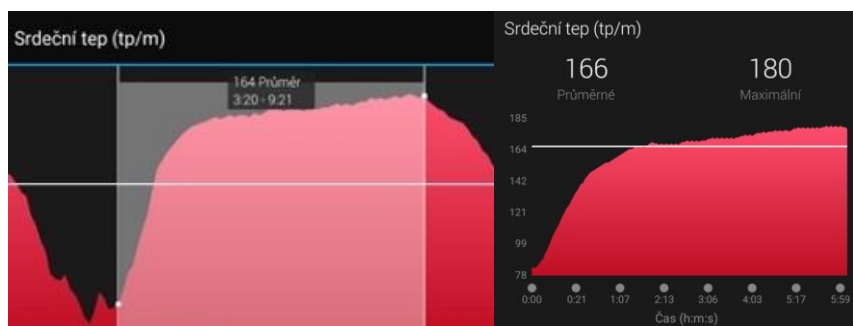
Příloha 14. Vyšetření PI_{max} - K.F. (19.3.2018)



Příloha 15. Tepová frekvence při 6 min. testování před IMT (vlevo) a po IMT (vpravo) - L.A.



Příloha 16. Tepová frekvence při 6 min. testování před IMT (nahore) a po IMT (dole) – A.S.



Příloha 17. Tepová frekvence při 6 min. testování před IMT (vlevo) a po IMT (vpravo) - K.F.