

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Eva Senohrábková

**Ovlivnění ventilačních parametrů s využitím
inspiračních dechových trenažérů**

Diplomová práce

Praha 2011

Autor práce: **Eva Senohrábková**

Vedoucí práce: **MUDr. Miloš Matouš**

Oponent práce:

Datum obhajoby: **2011**

Bibliografický záznam

SENOHRÁBKOVÁ, Eva. *Ovlivnění ventilačních parametrů s využitím inspiračních dechových trenažérů*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2011. 86 s. Vedoucí diplomové práce MUDr. Miloš Matouš.

Abstrakt

úvod: V teoretických poznátcích práce je stručně rozebrána anatomie, kineziologie a fyziologie dýchání, funkční vyšetření plic a dále je zde kapitola o inspiračních dechových trenažérech. Experimentální část zkoumá vliv třítydenního tréninku s inspiračním trenažérem Coach2 na parametry výměny dýchacích plynů v klidu a v zátěži u zdravých jedinců.

metody: Výstupní a kontrolní vyšetření zahrnovalo především spirometrické vyšetření a spiroergometrické vyšetření. Experimentální soubor tvořilo 10 jedinců, kontrolní soubor tvořilo 9 osob.

výsledky: Naše výsledky ukazují především na signifikantní zvýšení FVC, snížení dechové frekvence na submaximálních intenzitách zátěže, zvýšení dechové frekvence v maximální zátěži a zvýšení dechového objemu na všech úrovních zatížení. Dále došlo ke zvýšení minutové ventilace v maximální zátěži průměrně o 15,17 litrů. Kontrolní skupina zlepšení nevykazovala.

závěr: Zdá se, že trénink s trenažérem Coach2 může být efektivní pro ovlivnění některých ventilačních parametrů v klidu i v zátěži.

Klíčová slova

dýchání, inspirační trenažéry, trenažér zaměřený na dosažený objem, spirometrické vyšetření, spiroergometrické vyšetření

Abstract

introduction: The theoretical part of the thesis briefly analyzes the anatomical, kinesiological and physiological aspects of breathing, pursues the issue of examinations of lung functions and also includes a chapter which applies to incentive spirometers.

The experimental part of the work examines the impact of three-week training with trainer Coach2 on parameters of respiratory gas exchange at rest and during the exercise in healthy subjects.

methods: Both output and control tests included spirometry and spiroergometry examination. The experimental group consisted of 10 subjects, control group consisted of 9 subjects.

results: Our results show a significant influence especially on an increase in FVC, decreased respiratory rate at submaximal intensities of exercise and increased breathing rate at maximum load and also an increase in tidal volume at all load levels. Minute ventilation at maximum load increased by an average of 15.17 liters. The control group did not show any improvement.

conclusion: It appears that training with trainer Coach2 might be effective in influencing certain ventilatory parameters at rest as well as during the exercise.

Keywords

breathing, incentive spirometry, volume oriented spirometer, spirometry, spiroergometry

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

V Praze, dne 20.4.2011

Eva Senohrábková

Poděkování

Děkuji MUDr. Miloši Matoušovi za čas strávený provedením vstupních a kontrolních spirometrických a spiroergometrických vyšetření všech probandů a za odborné podněty při vedení diplomové práce.

OBSAH

OBSAH	7
SEZNAM ZKRATEK	9
ÚVOD	11
1 PŘEHLED POZNATKŮ	12
1.1 Fyziologie dýchání	12
1.1.2 Dechová práce	13
1.2 REGULACE DÝCHÁNÍ	14
1.3 ANATOMIE A KINEZIOLOGIE DÝCHÁNÍ	14
1.3.1 Vliv poloh na dýchání	16
1.4 REAKCE DÝCHACÍHO SYSTÉMU NA ZÁTĚŽ	17
1.5 FUNKČNÍ VYŠETŘENÍ PLIC	19
1.5.1 Spirometrické vyšetření	20
1.5.2 Spiroergometrické vyšetření	22
1.6 PARAMETRY ZJIŠŤOVANÉ BĚHEM ZÁTĚŽOVÉHO VYŠETŘENÍ	24
1.7 INSPIRAČNÍ TRENAŽÉRY	26
1.7.1 Indikace a kontraindikace	27
1.7.2 Druhy inspiračních trenažérů	28
1.7.3 Trenažér Coach2	30
2 CÍLE A HYPOTÉZY	32
3 METODIKA	33
3.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU	33
3.2 PROTOKOL VYŠETŘENÍ	34
3.2.1 Spirometrické vyšetření	34
3.2.2 Spiroergometrické vyšetření	35
3.2.3 Pružnost hrudníku	36
3.3 TRÉNINKOVÝ PROTOKOL	37
3.4 ZPRACOVÁNÍ DAT	38
4 VÝSLEDKY	39
4.1 SPIROMETRICKÉ VYŠETŘENÍ	39
4.2 SPIROERGOMETRICKÉ VYŠETŘENÍ	41
4.3 SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ INTENZITY ZÁTĚŽE A SUBJEKTIVNÍ	

HODNOCENÍ DUŠNOSTI DLE BORGovy ŠKÁLY	47
4.4 VYŠETŘENÍ PRUŽNOSTI HRUDNÍKU	49
4.5 OBTÍŽNOST DODRŽOVÁNÍ TRÉNINKU	50
5 DISKUZE	51
ZÁVĚRY	60
REFERENČNÍ SEZNAM	62
SEZNAM PŘÍLOH	71
PŘÍLOHY	72
Příloha č.1	72
Příloha č.2	73
Příloha č.3	81
Příloha č. 4	82
Příloha č. 5	83

SEZNAM ZKRATEK

BMI	body mass index
cm	centimetr
CO ₂	oxid uhličitý
ERV	expirační rezervní objem
FEV1	jednosekundová vitální kapacita
foIT	flow oriented inspirační trenažéry - trenažéry zaměřené na průtok
FRC	funkční reziduální kapacita
FVC	usilovná vitální kapacita
IC	inspirační kapacita
IMT	inspiratory muscle trainers
IRV	inspirační rezervní objem
IS	incentive spirometry
IT skupina	skupina osob trénujících s inspiračním trenažérem
IT	inspirační trenažér
K skupina	kontrolní skupina
l/min	litrů za minutu
m.	musculus
MEF	maximální výdechová rychlost
ml	mililitrů
ml/min	mililitrů za minutu
ml/s	mililitrů za sekundu
ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	mililitr na kilogram hmotnosti za minutu
mm.	musculi
ms	milisekunda

MVV	maximální volní ventilaci
O ₂	kyslík
PEF	vrcholová výdechová rychlost
RER	respirační výměnný koeficient
RLV	reziduální plicní objem
s	sekunda
SCM	sternocleidomastoideus
TLC	celková plicní kapacita
VC	vitální kapacita
VO ₂ max	maximální spotřeba kyslíku
VO ₂ max	maximální spotřeby kyslíku
voIT	volume oriented inspirační trenažéry - trenažéry zaměřené na dosažený objem
V _t	dechový objem
W/kg	Watt na kilogram hmotnosti

ÚVOD

Dýchání je základní vitální funkce, kterou lze v určitém rozsahu vědomě ovlivnit. Důležitá je vzájemná propojenost dechové funkce respiračních svalů s funkcí posturální.

Inspirační trenažéry jsou pomůcky běžně využívané v klinické praxi, jsou součástí preventivního a léčebného režimu v perioperační respirační péči. Posturální funkce dýchacích svalů však v souvislosti s dýcháním s inspiračními trenažéry není téměř zmiňována.

V této práci bychom chtěli pomocí spirometrického a spiroergometrického vyšetření ověřit, zda má trénink s vybraným inspiračním trenažérem vliv na parametry výměny dýchacích plynů v klidu a v zátěži. Nezaznamenali jsme studie, které by hodnotily efekt dýchání s námi vybraným trenažérem na ovlivnění ventilačních parametrů v dynamické zátěži.

1 PŘEHLED POZNATKŮ

1.1 FYZIOLOGIE DÝCHÁNÍ

Dýchání zahrnuje dva procesy: zevní dýchání, příjem kyslíku (O_2) a výdej oxidu uhličitého (CO_2) organismem jako celkem, a vnitřní dýchání, využití O_2 a produkci CO_2 buňkami a výměnu těchto plynů mezi buňkami a tekutinou, která je obklopuje (Ganong, 2005, s. 649).

Pro správnou funkci dýchání je nutná souhra čtyř dějů – ventilace, distribuce, difuze a perfúze.

Ventilace umožňuje výměnu vzduchu mezi zevním prostředím a alveolárním vzduchem (Šulc, 2000, s. 84). Výměna plynů v dýchacím systému probíhá pouze v alveolech, část dechového objemu, který se neúčastní výměny plynů s plicní kapilární krví, se nazývá mrtvý prostor. Důležité je rozlišovat mezi anatomickým mrtvým prostorem (objemem respiračního systému mimo alveoly) a celkovým mrtvým prostorem (objemem vzduchu, který se neúčastní výměny plynů s krví, neužitečnou ventilací). U zdravých jedinců odpovídá anatomický mrtvý prostor celkovému mrtvému prostoru. (Ganong, 2005, s. 660). Hodnota anatomického mrtvého prostoru u zdravých jedinců je asi 30% klidového dechového objemu, tedy přibližně 150-300 mililitrů (ml) (Paleček, 1999, s. 139). Díky mrtvému prostoru má rychlé a povrchní dýchání, při stejné minutové ventilaci, za následek menší alveolární ventilaci, než pomalé a hluboké dýchání (Ganong, 2005, s. 660). Vzduch proudí v dýchacích cestách buď laminárně či turbulentně. Při turbulentním proudění je spotřebovaná energie větší než při proudění laminárním, k turbulentnímu proudění dochází při rychlém dýchání (Ganong, 2005, s. 658).

Difuze představuje transport O_2 a CO_2 přes alveolokapilární membránu. Velikost difúze je přímo úměrná difúzní ploše, koncentračnímu gradientu (rozdílu parciálních tlaků plynů na obou stranách membrány, difúzní konstantě a nepřímo úměrná tloušťce membrány (Šulc, 2000, s. 93).

Průtok krve jednotlivými částmi plic není stejnosměrný. Velikost průtoku je závislá na velikosti ventilace jednotlivých částí plic (Slavíková, 1992, s. 26). Jedním z nejdůležitějších faktorů zodpovědných za nerovnoměrnou distribuci ventilace a krevního průtoku plicemi u zdravých jedinců je působení gravitace (Dean, 1985). U stojícího jedince se snižuje tlak krve v plicních artériích uložených nad úroveň srdce a zvyšuje se v artériích

pod úrovní srdce, v důsledku toho je průtok krve apikálními partiemi plic zřetelně nižší než průtok krve basálními partiemi, u ležícího jedince tyto rozdíly v průtoku vymizí (Slavíková, 1992, s. 26).

1.1.2 Dechová práce

Dýchací svaly vykonávají dechovou práci, která má tři složky:

- práce elastická (statická): jde o práci nutnou k překonání retrakční síly plic; je tím menší, čím je poddajnost plic větší; je nízká při malém dechovém objemu
- práce tkáňového odporu (dynamická): jde o práci nutnou k překonání odporu plicní tkáně
- práce odporu dýchacích cest (dynamická): práce nutná k překonání proudového odporu, který kladou dýchací cesty proudu vzduchu, a která je závislá na rychlosti proudu vzduchu; je tím menší, čím menší je odpor dýchacích cest a stoupá se zvětšováním rychlosti proudu vzduchu (Slavíková, 1992, s. 16.)

Při klidném dýchání připadá největší podíl dechové práce (65%) na překonání plicní elasticity, 28% dechové práce je nezbytných k překonání odporu dýchacích cest a 7% k překonání tkáňového odporu (Ganong, 2005, s. 658). Za situace intenzivního dýchání, kdy proudí vzduch dýchacími cestami vysokou rychlostí, se podíl práce odporu dýchacích cest zvyšuje (Slavíková, 1992, s. 16).

Při klidném dýchání je energetická náročnost dechové práce malá, činí 3-5% celkové energetické spotřeby organismu (Slavíková, 1997, s. 17). Při intenzivní zátěži tato spotřeba roste až na 15-25% a může se stát limitujícím činitelem výkonnosti (Máček, Smolíková, 2002c, s. 13). Hlavním limitujícím faktorem intenzity svalové práce je schopnost organismu zajistit dostatek energie pro vlastní respiraci. Značné zvýšení práce dýchacích svalů je doprovázeno subjektivním pocitem dušnosti (Slavíková, 1992., s. 17).

Máček, Smolíková (2002c, s. 12) poukazují na to, že ke každé úrovni minutové ventilace patří optimální dechová frekvence, při které je tato práce nejnižší. Výsledná frekvence je průměrem vlivu několika faktorů, jako odporů i poddajnosti plic, vlivu dechového vzoru i velikosti mrtvého prostoru. Prohloubené dýchání snižuje nároky na ventilaci mrtvého prostoru a na překonání odporu dýchacích cest, ale zvětšuje

elastickou práci zvýšením napínání anatomických struktur. Rychlé povrchní dýchání zvyšuje objem neúčelné ventilace mrtvého prostoru a tím roste množství energie potřebné pro překonání odporu dýchacích cest.

1.2 REGULACE DÝCHÁNÍ

Dýchání je řízeno a regulováno systémem zpětnovazebných mechanismů. Dýchací centrum se nachází v prodloužené míše, centrum má inspirační a expirační oddíl. Aktivita expiračního oddílu je menší než aktivita centra inspiračního (Dylevský, 2009, s. 351). Tato centra zpracovávají impulzy z periferie a z vyšších center centrální nervové soustavy, ventilaci tak přizpůsobují aktuálním požadavkům organismu. Vzruchy z center jsou vedeny do míšních motoneuronů odpovědných za činnost dechových svalů. Největší energetická úspornost při maximální efektivitě dýchání je zajišťována zpětnými vazbami (zpětná vazba z nervus vagus, z proprioceptorů, vycházející ze změn oběhového systému), které ovlivňují řídicí centrální struktury (Šulc, 2000, s. 100). Dechové centrum je ovlivňováno také kůrou mozkovou, proto je dýchání možno v určitém rozsahu ovlivňovat vůlí. V dýchání se také uplatňuje regulace chemická pomocí chemoreceptorů, podněty pro chemickou regulaci jsou změny parciálního tlaku O_2 , parciálního tlaku CO_2 a pH (Dylevský, 2009, s. 351).

1.3 ANATOMIE A KINEZIOLOGIE DÝCHÁNÍ

Respirační soustava se skládá z přívodných dýchacích cest a z plic. Dýchací cesty se dělí na horní - nos, ústa a nasopharynx, kde se vzduch ohřívá a sytí vodními parami, a dolní - larynx, trachea a bronchi. Dýchací cesty se dělí zpravidla dichotomicky, takových dělení je 22-24. Celkový průsvit dýchacích cest se distálně zvětšuje, průměr jednotlivých bronchů je však výrazně menší (Slavíková, 1992, s. 14).

Dýchací svaly se rozdělují dle funkčně anatomického pohledu na svaly inspirační a svaly expirační, tyto dvě skupiny se dále dělí na primární a pomocné svaly. K hlavním inspiračním svalům patří bránice, musculi (mm.) intercostali externi a mm. levatores costarum, mezi pomocné inspirační svaly: mm. scaleni, mm. suprahyoidei, mm. infrahyoidei, musculus (m.) sternocleidomastoideus, mm. pectorales, m. serratus

anterior, m serratus posterior superior, mm. latissimus dorsi, mm. iliocostalis, erector spinae a krátké hluboké svaly zádové. K hlavním expiračním svalům náleží mm. intercostales interni a mm. sternocostalis, k pomocným expirační svaly: m. transversus abdominis, mm. obliqui abdominis externi et interni, mm. recti abdomini, m. quadratus lumborum a svaly pánevního dna, dále mm. iliocostalis (pars inferior), m. erector spinae a m. serratus posterior inferior. Toto rozdělení dýchacích svalů neodpovídá zcela skutečnosti, neboť inspirační i expirační svaly působí v průběhu dechových fází ve vzájemné koaktivaci (Véle, 2006, s. 229). „Dýchacích pohybů se také účastní svalstvo pánevního dna, které ovlivňuje regulaci tlaku v břišní dutině a současně má vliv na proměnlivou konfiguraci páteře v průběhu dýchání. Dýchací pohyby ovlivňují pohyb hrudníku, páteře a podílejí se na držení těla“ (Smolíková, 2009, s. 253).

Lewit (2003, s. 142) pokládá dýchání ze všech pohybových stereotypů za nejdůležitější. Paleček (1991) definuje dechový vzor jakožto „způsob, jakým organismus kombinuje dechovou frekvenci a dechový objem společně s rychlostí inspiria a expiria a jejich vzájemného poměru trvání. Dechový vzor je centrálním nervovým systémem regulován tak, aby výdej energie dechovými svaly byl co nejmenší při pokrytí aktuálních metabolických potřeb“. Dýchací pohyby probíhají jako střídavá rytmická aktivity dýchacích svalů v závislosti na pohybové aktivitě či stresovém stavu organismu (Véle, 2006, s. 229).

V rámci respiračního cyklu se rozlišují čtyři fáze dechové mechaniky: preinspirium, inspirium, preexpirium, expirium (Čápková, 2008, s. 54). Preinspirium je krátká pauza na konci expiria před začátkem inspiria, trvá asi 250 milisekund (ms). Preexpirium je krátká pauza po skončení nádechu před výdechem, doba trvání této fáze je přibližně 50-100 ms (Véle, 2006, s. 228).

Výdech má inhibiční vliv na svalovou aktivitu posturálně-lokomočního systému a nádech má na tuto aktivitu vliv excitační (Véle, 2006, s. 228).

Bránice inervovaná n. phrenicus se jakožto hlavní dechový sval podílí aktivní kontrakcí na nádechu. Při výdechu její aktivita klesá, v excentrickém režimu však zůstává aktivní jako kokontraktor (Skalka, 2002). Bránice vykonává asi 60% nádechové aktivity. Obsahuje svalová vlákna tonická i fázická, a to v poměru 50:50. Jedná se o plochý kopulovitě formovaný sval oddělující dutinu hrudní od břišní. Vrchol kopule tvoří šlachovité centrum tendineum, jež se při nádechu posouvá dolů a bránice se oplošťuje.

Pokles bránice je při klidovém dýchání přibližně 1-2 centimetrů (cm) a během zátěže klesá až o 10 cm. Bránice není homogenní, skládá se asi ze 12 funkčních svalových segmentů, tyto jednotlivé snopce se mohou aktivovat izolovaně. Aktivita bránice má různý timing, jenž je závislý na posturálně-lokomoční situaci (Čápová, 2008). Při bráničním způsobu dýchání se při nádechu aktivuje bránice (oplošťuje se), tím se stlačují vnitřní orgány kaudálně. Dolní hrudní dutina a břišní dutina se rovnoměrně rozšiřují. Sternální kost se pohybuje ventrálně, v transverzální rovině nemění své postavení. Mezižeberní prostory se rozšiřují, dolní část hrudníku se rozšiřuje do šíře a předozadně. Pomocné dechové svaly jsou relaxovány (Kolář, 2006). Pomocné dechové svaly se zapojují při vyšších nárocích na ventilační parametry. Pomocné dechové svaly se zapojují v koordinaci se zapojením bránice a břišních svalů.

Dechová funkce respiračních svalů je významně propojená s funkcí posturální. Posturální funkce bránice je spojena se zvýšením nitrobřišního tlaku. Nitrobřišní tlak vyvíjí a adjustuje koordinovaná aktivita stěny břišní dutiny – bránice, břišních svalů a pánevního dna. Obsah břišní dutiny se chová jako viskózně-elastický sloupec, jenž poskytuje oporu bederní páteři a vyvažuje funkci extenzorů. Aktivita bránice v posturálním režimu je podmínkou každé pohybové činnosti. Velikost aktivace bránice závisí na intenzitě pohybové činnosti a rozhoduje o tom, zda si dechová a posturální aktivita nekonkurují. Průběh obou dějů je paralelní či při náročnější činnosti probíhá synchronizace dechu za účelem zvýšení stabilizace. Může dokonce dojít k apnoické pauze, po tuto dobu je respirační svalstvo plně zapojeno ve prospěch posturálního zajištění, i za cenu krátké hypoxie. Při poruše vyváženosti mezi respirační a posturální funkcí dochází k pohybu sternu kraniokaudálně, minimálně se rozšiřuje hrudník a dochází k zapojení pomocných dechových svalů (Kolář, 2006), při této změně stereotypu dýchání narůstá dechový odpor a dechová práce stoupá (Skalka, 2002).

1.3.1 Vliv poloh na dýchání

Poloha těla má na dýchací pohyby velký vliv. Máček, Smolíková (2002a, s. 79) zdůrazňují, že nastavení polohy těla je spouštěcím okamžikem pro řetězovou reakci dechově pohybového vzoru, neboť automatické řetězení aktivace svalů pro dýchání je vyvoláno přesným principem řetězení vstupní aference dechové pohybové soustavy.

Nastavením polohy se vědomě startuje aference, která zcela automaticky vyvolá dechovou reakci.

Výsledky provedeného experimentu Čumpelíkem et al. (2006) ukazují, že při změně polohy těla dojde vždy ke změně tvaru, polohy a pohybu bránice, hrudníku a břišní stěny. Změnou postavení jednotlivých částí těla je tedy možno ovlivnit dýchací pohyby bránice i trupu. Čumpelík et al. (2006) se proto domnívá, že je možno uvědomělým opakováním dechových pohybů v přesně definované poloze dosáhnout sladění potřebné priority vhodného programu respirační mechaniky s programem držení těla.

Tělo se nachází nejčastěji v poloze vertikální či horizontální, ostatní polohy jsou většinou modifikací těchto dvou základních poloh. Poloha vertikální (stoj, vzpřímený sed) je pro dýchání polohou fyziologickou, dýchání v této poloze je bržděno hmotností paží a útroh. Vertikální polohy umožňují mobilitu osového pohybového orgánu dýchání všemi směry, motilita není prostorově omezena. V poloze horizontální (leh na zádech) je osový orgán modifikován napřímením páteře. Na dýchání má vliv změna gravitačních sil, které působí na hrudník, bránici a břišní svalstvo. Převažuje inspirační postavení hrudníku, bránice je výše položena a vyšší je i tenzní nastavení břišního svalstva. V poloze horizontální jsou omezeny především předozadní pohyby dolních žeber, pohyblivost bránice je také ztížena (Máček, Smolíková, 2002a, s. 78). Vleže na boku jsou blokovány pohyby žeber na naléhající straně, část bránice příslušející k naléhající straně je však volnější tím, že mediastinum svou hmotností napíná část bránice, která přísluší k nenaléhající straně. Tlak abdominální části břišní dutiny je větší a vytlačuje proto dolní polovinu bránice kraniálně (Máček, Smolíková, 2010, s. 53)

Kolář (2009, s. 260) zdůrazňuje, terapeutické techniky mohou ovlivnit nejen kontrakci bránice, ale také její koordinaci, což je dáno tím, že se bránice při posturální funkci nekontrahuje ve všech svých částech homogenně a jednotlivé části se odlišně aktivují především v závislosti na poloze.

1.4 REAKCE DÝCHACÍHO SYSTÉMU NA ZÁTĚŽ

Při tělesné zátěži se množství O_2 vstupujícího v plicích do krve zvyšuje, neboť jak množství O_2 dodané do každé jednotky objemu krve, tak průtok krve plicemi jsou zvýšeny.

Průtok krve za minutu se zvyšuje z hodnoty 5,5 litrů za minutu (l/min) až na hodnoty dosahující 20–35 l/min. Celkové množství kyslíku přecházející v plicích do krve se zvyšuje z 250 mililitrů za minutu (ml/min) v klidu až k hodnotám kolem 4000 ml/min, zvětšuje se i výdej CO₂ z hodnot kolem 200 ml/min k hodnotám 8000 ml/min (Ganong, 2005, s. 685).

Iniciální fáze charakterizována rychlými a velkými změnami trvá asi 30-45 sekund (s), poté nastává přechodová fáze, kde jsou změny již pomalejší. V iniciální fázi zátěže se obvykle zvyšuje dechová frekvence, a to ihned od jejího počátku, při střední nebo vyšší intenzitě zátěže se v dalším průběhu již příliš nemění, od klidových hodnot asi 15-20 dechů za minutu stoupá podle intenzity až k hodnotám 30-40 dechů za minutu. Dechový objem se také zvětšuje již od počátku, tento parametr je však proměnlivější než dechová frekvence. Minutová ventilace se rychle zvýší v prvních okamžicích zátěže, avšak jeho další zvětšování probíhá již pomaleji (Máček, Radvanský, 2010a, s. 10). Přesný způsob regulace této fáze není znám, pravděpodobně je vázán na psychickou stimulaci a aferentní impulsy ze svalových, šlachových a kloubních proprioreceptorů (Ganong, 2005, s. 685).

Další fáze zátěže je regulována humorálními faktory a nastává po prvních dvou až třech minutách. Při intenzitě zátěže, která je pod úrovní anaerobního prahu, vzniká rovnovážný stav, kdy je zvýšený metabolismus pracujících svalů vyrovnáván zvýšenou výměnou plynů v plicích. Při vyšších intenzitách (nad anaerobním prahem) toto vyrovnání nenastává (Paleček, 1999, s. 269). Minutová ventilace se při zátěži lehké a střední intenzity (do 70% maximální spotřeby kyslíku (VO₂max)) zvyšuje poměrně lineárně. Při vyšších intenzitách ventilace stoupá rychleji než je lineární vzestup příjmu kyslíku. Právě tento zlom se nazývá anaerobní práh (viz. kapitola 1.6). S rostoucí minutovou ventilací se vedle zvýšení dechové frekvence zvětšuje i dechový objem (Máček, Radvanský, 2010a, s. 10). Zatímco v klidu využívá dechový objem pouze asi 15% vitální kapacity (VC), při zátěži se podstatně zvyšuje, avšak ani při vysoké intenzitě nepřesahuje 50-60% VC. Nejprve narůstá z inspiračního rezervního objemu, později i z expiračního, jeho krajní rezervy nejsou využity (Máček, Smolíková, 2002c, s. 12). Zrychlení dechové frekvence je různé, většinou však nepřesahuje 40-50 dechů za minutu. K faktorům, na kterých je zvýšení frekvence závislé kromě intenzity zátěže, patří i druh svalové činnosti, její rytmus i podmínky. Vlivem vyššího tonu sympatiku se projeví určitá bronchodilatace, což zvětší i anatomický mrtvý prostor, avšak funkční mrtvý prostor se vlivem rovnoměrnější distribuce ventilace i

perfuze ve všech plicních oblastech, především v horních lalocích plic, naopak sníží (Máček, Radvanský, 2010c, s. 12). Dechová práce při tělesné zátěži stoupá, avšak ani při vysokých zátěžích však není dosahováno maximálního výkonu dýchacích svalů a maximální ventilace. Maximální volní ventilaci (MVV) lze udržet necelou minutu, maximální ventilace udržitelná po delší dobu (několik minut) činí asi 60-75% MVV a je zajišťována asi 20-25% maximálního výkonu respiračních svalů (Paleček, 1999, s. 271). Náročnost dechové práce při tělesné zátěži je určována především odporem dýchacích cest, odpory dýchacích cest značně vzrůstají se stoupající ventilací, která je spojená s větší rychlostí proudění vzduchu v dýchacích cestách. Podstatnou část odporů dýchacích cest tvoří odpor při proudění vzduchu nosem. Většina jedinců dýchá s otevřenými ústy v případě, že minutová ventilace dosáhne přibližně 40-50 l/min (Máček, Radvanský, 2010a, s. 13).

1.5 FUNKČNÍ VYŠETŘENÍ PLIC

„Funkční vyšetření plic je laboratorní metoda, která umožňuje kvantitativní i kvalitativní posouzení jednotlivých plicních funkcí“ (Palatka, 2006).

Metody funkčního vyšetření plic rozděluje Satinská (2004, s. 10) do tří skupin:

- základní - vyhledávací: měření vrcholové výdechové rychlosti a její variability, screeningová spirometrie a pulzní oxymetrie
- základní - rozšířené: klasická spirometrie včetně křivky průtok-objem, bronchodilatační a bronchokonstrikční testy
- specializovaná: vyšetření v celotělovém pletysmografu (umožňuje stanovit odpory v dýchacích cestách a nepřímo měřitelné statické ventilační parametry), vyšetření difuzní plicní kapacity pro CO, plicní poddajnosti, krevních plynů, vyšetření funkce dýchacích svalů či spiroergometrické vyšetření

Naměřené hodnoty jsou srovnávány s hodnotami náležitými (referenčními) a vyjadřují se v procentu náležité hodnoty. Velikost odchylky od normálu (obvykle se udává 80-120 %) určuje závažnost poruchy. Tato hodnota a její změny v čase jsou důležité

pro stanovení strategie léčby, posouzení dalšího vývoje a prognózy onemocnění (Palatka, 2006).

1.5.1 Spirometrické vyšetření

Spirometrie se provádí vsedě ve vzpřímené poloze. Mezi zuby se vkládá náustek, který je držen rty, dále je nutný nosní klip. Vyšetření se provádí opakovaně, za validní hodnoty se považují nejlepší ze tří technicky dobrých manévru. Naměřené parametry jsou zaznamenány do spirometrické křivky (spirogramu), která v souřadnicovém systému vyjadřuje závislost změny objemu v čase. Dále se vyšetřuje křivka průtok-objem, metodika je obdobná s vyšetřením křivky objem-čas, manévry se však provádějí s použitím maximálního úsilí. Grafické znázornění v souřadnicovém systému vyjadřuje tedy vztah mezi průtokem vzduchu dýchacími cestami a objemem usilovně vydechnutého a nadechnutého vzduchu (Palatka, 2006).

Z křivek objem-čas a průtok-objem je možno určit tyto parametry plicních funkcí:

- vitální kapacita (VC): plicní kapacita mobilizovatelná během pomalého kompletního výdechu po předchozím kompletním nádechu nebo během kompletního nádechu po předchozím úplném výdechu
- usilovná vitální kapacita (FVC): u zdravých osob se velikost VC a FVC neliší; prováděný nádechový a výdechový manévr není pomalý, avšak usilovný
- inspirační kapacita (IC): plicní kapacita objemu vzduchu, který je možno nadechnout z polohy na konci klidového výdechu
- dechový objem (V_t): parametr klidového dýchání, jde o objem, který je možno nadechnout či vydechnout
- inspirační rezervní objem (IRV): objem vzduchu, který může vyšetřovaný nadechnout po ukončení klidového nádechu
- expirační rezervní objem (ERV): objem vzduchu, který může vyšetřovaný vydechnout po ukončení klidového výdechu

$$- V_t + IRV = IC; V_t + IRV + ERV = VC$$

- maximální výdechová rychlost (MEF): rychlost proudu plynu procházejícího dýchacími cestami v průběhu usilovného výdechového manévru; nejčastěji se měří na 3 objemových úrovních FVC (MEF 25, MEF 50, MEF 75); změřená hodnota MEF se využívá k popisu průchodnosti dýchacích cest; dle objemové úrovně, na které je MEF změřena, se určí případná lokalizace poruchy průchodnosti dýchacích cest
- vrcholová výdechová rychlost (PEF): největší rychlost proudu plynu procházejícího dýchacími cestami na začátku usilovného výdechového manévru
- jednosekundová vitální kapacita (FEV1): objem vzduchu, který je vydechnut s maximálním úsilím za jednu sekundu po maximálním nádechu; nejběžnější dynamický plicní objem popisující průchodnost dýchacích cest jako celku; čím nižší FEV1, tím významnější je omezení průchodnosti dýchacích cest; poměr FEV1/FVC pomáhá zpřesnit funkční diagnózu (Šulc, 2009, s. 559)

K dalším plicním objemům a kapacitám, které však ze spirometrického vyšetření nelze zjistit patří:

- reziduální plicní objem (RLV): objem vzduchu, který zůstává v plicích po maximálním výdechu
- celková plicní kapacita (TLC): celkové množství vzduchu, které může být v plicích obsaženo po usilovném nádechu
- funkční reziduální kapacita (FRC): objem vzduchu, který zůstává v plicích po normálním výdechu (McArdle et al., 2007, s. 266)

$$- VC + RLV = TLC; ERV + RV = FRC$$

parametr	muži	ženy
dechový objem	600	500
inspirační rezervní objem	3000	1900
expirační rezervní objem	1200	800
inspirační kapacita	3600	2400
usilovná vitální kapacita	4800	3200
reziduální plicní objem	1200	1000
celková plicní kapacita	6000	4200
funkční reziduální kapacita	2400	1800

Tabulka 1. Průměrné hodnoty plicních objemů a kapacit (ml) (McArdle et al., 2007, s. 265)

1.5.2 Spiroergometrické vyšetření

Spiroergometrické vyšetření je v podstatě zátěžová elektrokardiografie s kontinuální monitorací EKG křivky s analýzou výměny dechových plynů a podle potřeby i nezbytným biochemickým vyšetřením (Jančík et al., 2002). Nejčastějším zdrojem zatížení je v evropských zemích bicyklový ergometr (Placheta et al., 2001, s. 38).

Máček, Radvanský (2010b, s. 66) doporučuje za nejvhodnější protokol pro zátěž do maxima s analýzou výměny dechových plynů protokol s jedním až třemi stupni zátěže do střední intenzity, který je dávkován zásadně dle hmotnosti pacienta, následovaný kontinuálně zvyšovanou zátěží do maxima. První stupeň do rovnovážného stavu (2-3 minuty) má pacient subjektivně hodnotit jako zátěž lehkou, nejčastěji se volí 1 Watt na kilogram hmotnosti (W/kg). Druhý (případně třetí) v délce 3 minut má být pro pacienta nastaven na úroveň subjektivně středně těžké zátěže, nejčastěji se volí 1,5 až 2W/kg. Obvykle po 2 stupních konstantní zátěže následuje kontinuálně zvyšovaná zátěž. Do maxima se má pacient dostat během dalších 2-8 minut.

Před spirometrickým vyšetřením, v jeho průběhu i ve fázi zotavení je možné měřit řadu funkčních ukazatelů, z jejichž hodnot je rovněž možné určit matematicky, graficky či jinými postupy i další parametry, užitečné pro posouzení reakce organismu (Placheta et al., 2001, s. 45).

K základním parametrům hodnotitelných spiroergometrickým vyšetřením náleží:

- tepová frekvence
- krevní tlak
- EKG
- saturace arteriální krve kyslíkem
- dechový objem
- dechová frekvence
- minutová ventilace
- dechová rezerva
- utilizace kyslíku
- výdej oxidu uhličitého
- respirační koeficient
- anaerobní práh
- výkon

K subjektivnímu hodnocení intenzity zátěže (Obrázek 1) a subjektivnímu hodnocení dušnosti, bolesti na hrudi a dolních končetin (Obrázek 2) se nejčastěji používají Borgovy škály. Škála 6-20 se používá k hodnocení vnímání intenzity, škála 0-10 slouží k subjektivnímu hodnocení dušnosti, bolesti na hrudi a dolních končetin (Placheta et al., 2001, s. 72). Máček, Radvanský (2010b, s. 76) uvádí, že i přes určité podceňování se překvapivě ukázalo, že odhady vyjádřené odpovídajícím stupněm na škále odpovídají objektivní hodnotě. Výsledky tohoto hodnocení velmi úzce korelují se spotřebou kyslíku ($r = 0,95$) a ventilací ($r = 0,98$) (Máček, Smolíková 2002b, s. 39).

hodnocení vnímání intenzity	
6	
7	velmi, velmi lehká
8	
9	velmi lehká
10	
11	lehká
12	
13	poněkud namáhavá
14	
15	namáhavá
16	
17	velmi namáhavá
18	
19	velmi, velmi namáhavá
20	

Obrázek 1. Hodnocení vnímání intenzity dle Borgovy škály

hodnocení dušnosti, bolesti na hrudi a dolních končetin	
0	vůbec žádná
0,5	velmi, velmi slabá
1	velmi slabá
2	lehká
3	střední (těžká)
4	poněkud silná silná (těžká)
5	
6	velmi silná (těžká)
7	
8	
9	
10	velmi, velmi silná

Obrázek 2. Hodnocení dušnosti, bolesti na hrudi a dolních končetin dle Borgovy škály

1.6 PARAMETRY ZJIŠŤOVANÉ BĚHEM ZÁTĚŽOVÉHO VYŠETŘENÍ

Maximální spotřeba kyslíku

Maximální spotřeba kyslíku je globálním ukazatelem výkonnosti celého transportního systému pro dýchací plyny od zevního prostředí až po intracelulární transport, vyjadřuje maximální schopnost aerobně produkovat makroergní fosfáty. VO_2max vyjadřuje zároveň schopnost jedince zapojit najednou velmi intenzivně co nejvíce motorických jednotek na dobu řádově minut a krátkodobě vzdorovat ochranným centrálním inhibičním reflexům, neboť hlavním orgánem, podílejícím se na zvýšení spotřeby kyslíku proti klidu, jsou příčně pruhované svaly. Jednotkou VO_2max je mililitr na kilogram hmotnosti za minutu ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Maximální spotřeba kyslíku má být uváděna s respiračním výměnným koeficientem (RER). VO_2max se měří pomocí mnoha typů analyzátorů koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého, které využívají různých fyzikálních principů. Jejich podstatnou vlastností je (kromě přesnosti, stability a odolnosti proti rychlým změnám tlaku a vlhkosti) jejich reakční doba (Radvanský, Matouš, 1999a).

Respirační výměnný koeficient

Respirační výměnný koeficient udává poměr objemu vydýchaného oxidu uhličitého proti přijatému kyslíku. Určuje míru motivace a schopnosti vzdorovat akutní únavě (Radvanský, Matouš, 1999a). V anaerobním prahu dosahuje RER hodnoty okolo 1,00 (Máček, Radvanský, 2010b, s. 63). Za maximální zátěž lze považovat zátěž, kdy je RER větší než 1,06. U dobře motivovaného jedince je RER vždy 1,10-1,25 (Máček, Radvanský, 2010b, s. 70).

Anaerobní práh

Anaerobní práh (AT) je možno u zdravého jedince definovat jako takovou hraniční intenzitu zátěže, jejíž překročení vede k ochranné fyziologické únavě řádově během minut, zatímco při intenzitách zátěže pod AT nastává únava podstatně později (Radvanský, Matouš, 1999b).

Nejčastěji se AT stanovuje ze změn kinetiky minutové ventilace, spotřeby kyslíku, výdeje oxidu uhličitého a změn respiračního výměnného koeficientu (Radvanský, 1999, s. 169). Minutová ventilace má nelineární strmý vzestup a je vyšší než odpovídající vzestup spotřeby kyslíku, spotřeba kyslíku roste méně strmě než v intenzitách pod anaerobním prahem, RER dosahuje hodnoty okolo 1,0 (Máček, Radvanský, 2010b, s. 63). Stanovení AT je možno provést invazivně – pomocí hladin krevního laktátu. Od konkrétní hodnoty hladiny laktátu jako referenčního bodu pro AT se postupně upustilo, hledá se zlom v regulacích spojený se zrychleným vzestupem koncentrace laktátu v krvi. AT se dnes v praxi stanovuje graficky či aproximačními numerickými metodami (Radvanský, Matouš, 1999b). Na úrovni anaerobního prahu je vyšší vzestup krevního laktátu, hladina laktátu obvykle dosahuje hodnoty 3-5 milimolů na litr (Máček, Radvanský, 2010b, s. 63).

Dechová frekvence

Dechová frekvence udává počet dechů za minutu.

Minutová ventilace

Parametr minutová ventilace (MV) popisuje množství vzduchu vyměněné v plicích během jedné minuty, je násobkem dechového objemu a dechové frekvence. Maximální minutová ventilace (MVV) určuje největší možnou minutovou výměnu dýchacích plynů při maximálním úsilí jedince. MVV dosahuje u zdravého jedince hodnot 125–170 l/min (Ganong, 2005, s. 652). U dospělých jedinců se procentuálně porovnává ventilace v maximální zátěži ku maximální volní ventilaci (Radvanský, Matouš, 1999a).

Dechová rezerva

Udává poměr mezi minutovou a maximální minutovou ventilací. Dechová rezerva u zdravých jedinců nemůže být menší než 20 %, obvykle se pohybuje mezi 30 a 50 % (Radvanský, 2007).

Výkon

Výkon je fyzikálně definován jako síla po dráze za určitý čas, jednotkou výkonu je Watt. V klinické praxi se udává nejčastěji hodnota výkonu vztažená na kilogram hmotnosti. Pro mladší dospělé přibližně platí, že zátěž, při níž jedinec podává výkon 1 W/kg, odpovídá lehkému zatížení a zátěž 2 W/kg hmotnosti odpovídá střednímu zatížení (Radvanský, Matouš, 1999b)..

1.7 INSPIRAČNÍ TRENAŽÉRY

Existují tři druhy inspiračních trenažérů (IT): “volume oriented“ inspirační trenažéry - zaměřené na dosažený objem (voIT), “flow oriented“ inspirační trenažéry - zaměřené na průtok (foIT) a “inspiratory muscle trainers“ - sloužící k respiračnímu svalovému tréninku (IMT).

Dýchání pomocí inspiračních trenažérů zaměřených na dosažený objem či průtok se v literatuře označuje termínem "incentive spirometry" (IS). Někdy se využívá také termín označení "sustained maximal inspiration", tedy dýchání s nepřerušovaným maximálním nádechem.

Dýchání pomocí inspiračních trenažérů má být provedeno způsobem napodobujícím přirozené povzdechnutí či zívnutí, pacient má dýchat dlouze, pomalu a zhluboka. Inspirační trenažér poskytuje vizuální nebo jinou zpětnou vazbu během inspiria v předurčeném průtoku či objemu (Hilling et al., 1991). Vizuální feedback vytyčuje pacientovi dosažitelné cíle, které je schopen sám pozorovat (Agostini, Singh, 2009). Výhodou IS je, že pacient může převzít zodpovědnost za vlastní léčbu a snižuje se množství času přímého kontaktu terapeuta s pacientem (Rafea et al., 2009).

Cílem IS je zvýšení transpulmonálního tlakového gradientu a inspiračních objemů (Hilling et al., 1991), zvýšení dechového objemu a snížení dechové frekvence (Parreira et al., 2005), dále si IS klade za cíl zlepšení práce inspiračních svalů a obnovení či stimulaci normálního vzoru plicní hyperinlace (Hilling et al., 1991). Dalším cílem je zlepšení mobility hrudního koše (Wattie, 1998). Díky pravidelnému používání může být udržována průchodnost dýchacích cest a zabráněno vzniku plicní atelektázy (Hilling et al., 1991). Rafea et al. (2009) uvádí zlepšení mechanismu kašle v důsledku zlepšení inspirační kapacity a zesílení bránice díky používání IS. Typy trenažérů využívajících nádech proti odporu se využívají pro zvýšení svalové síly inspiračních svalů, vytrvalostní trénink dechových svalů a pro zvýšení odolnosti vůči zátěži a únavě (Burianová et al, 2006). Vedle pozitivního dechového účinku je to také cenová dostupnost trenažérů, která umožňuje rozsáhlejší využití dýchání pomocí inspiračních trenažérů v praxi (Smolíková, 2001).

1.7.1 Indikace a kontraindikace

V klinických postupech vydaných Americkou asociací pro respirační péči (Hilling et al., 1991) se doporučuje využití IS u těchto indikací: přítomnost stavů vedoucích k rozvoji plicní atelektázy, přítomnost plicní atelektázy či přítomnost restriktivní poruchy plic spojená s quadruplegií a/nebo dysfunkcí bránice. IS je v klinické praxi používán jako část preventivního a léčebného režimu v perioperační respirační péči (Rafea et al., 2009).

Jakožto kontraindikace IS Americká asociace pro respirační péči (Hilling et al., 1991) uvádí použití IS v případě, kdy není možné zajistit pacientovi instruktáž a dohled nad správným používáním přístroje, dále u nespolutracujících pacientů či pacientů neschopných porozumět správnému použití přístroje a také u pacientů neschopných efektivně dýchat zhluboka (VC snížena na méně než 10 mililitrů na kilogram hmotnosti nebo IC menší než jedna třetina normy).

1.7.2 Druhy inspiračních trenažérů

První inspirační trenažér byl sestaven Barlettem v roce 1973, zařízení se skládalo z pístu a světla, jež bylo rozsvíceno po dosažení předem stanoveného objemu (Wattie, 1998), poté bylo vyrobeno velké množství různých trenažérů (Rafea et al., 2009). Nyní jsou na trhu dostupné všechny tři druhy inspiračních trenažérů v různém provedení od mnoha firem (voIT, foIT a IMT).

VoIT měří a vizuálně signalizují dosažený objem během maximálního nádechu (Ho et al., 2000). Dýchání je zobrazeno zvedající se kuličkou či destičkou v průhledném válci během nepřerušovaného nádechu na kalibrované stupnici na válci (Rafea et al., 2009). Kromě válce znázorňujícího dosažený dechový objem tyto trenažéry obsahují válec znázorňující průtok (anonymous, neuvedeno). Při použití těchto trenažérů je nezbytné udržovat průtok v určitém rozmezí, které je na válci vyznačeno. Součástí přístroje je jednocestný ventil mezi tělem přístroje a připojenou vrapovanou hadicí zajišťující správné použití, pacient se může skrze přístroj pouze nadechovat a nikoli vydechovat.

Velkou výhodou chlopnového mechanismu je hledisko hygienické. U trenažéru bez jednocestného ventilu může být hadice a tělo přístroje při výdechu díky průniku vzduchu a slin kontaminováno bakteriemi, také dochází uvnitř zařízení ke kondenzaci vodní páry z vydechaného vzduchu, takovéto vlhké prostředí usnadňuje růst bakterií (Mueller, 1994).

Ke trenažérům zaměřeným na dosažený objem patří například Coach 2, Voldyne, Spiroball či Airlife. Trenažéry Coach2, Voldyne i Airlife jsou vyráběny také v dětském designu (odkaz na obrázky). Stupnice na válci trenažéru je v rozmezí od 500 ml do 2500 ml nebo až do 4000 ml či 5000 ml.

FoIT měří a vizuálně signalizují inspirační průtok (Ho et al., 2000). Tyto trenažéry vyžadují od pacienta, aby během nádechu vyzvedl ukazatel ve válci k určitému bodu a udržel jej zde po co nejdelší dobu (Agostini, Singh, 2009).

Triflo II, Triball, Mediflo, CliniFlo, Mediciser jsou trenažéry zaměřené na dosažený průtok. Jednotlivé trenažéry mají možnost nastavení různého průtoku dle individuální volby.

Triflo II se skládá ze třech komor tvaru válce, v každé se nachází jedna kulička. Při průtoku 600 mililitrů za sekundu (ml/s) se zvedá jedna, při 900 ml/s dvě a při 1200 ml/s všechny tři kuličky (TeleflexMedical, 2010). Podobně vypadajícím zařízením je TriBall (ACPRC, 2010) či Mediciser (ACPRC, 2010). U trenažéru Mediflo je vizuální feedback zprostředkován jednou kuličkou nacházející se ve válci, při nádechu je proudícím vzduchem nadlehčována, u tohoto trenažéru může být průtok mezi hodnotami 200 ml/s až 1200 ml/s (Weindler, Kiefer, 2001). Pro dětské a geriatrické pacienty je doporučován za ideální trenažér CliniFlo, neboť je na tomto trenažéru možné nastavit dosahovaný průtok v rozmezí již od 100 ml/s do 600 ml/s (Smiths Medical, nevedeno). Požadovaný průtok se nastaví otočením kolečka na zadní straně přístroje (ACPRC, nevedeno).

Mang et al. (1989) porovnávali u vybraných inspiračních trenažérů hodnoty (průtok či objem) udávané výrobcem s hodnotami, které ve svém experimentu změřili. Od každého přístroje (Triflo II, Mediflo, Coach, Voldyne a dva další trenažéry zaměřené na průtok) bylo vybráno 5 kusů, s každým přístrojem bylo provedeno celkem 25 měření. U všech čtyř trenažérů zaměřených na dosažený průtok byly naměřeny hodnoty vyšší, než uvádí výrobce. U přístrojů Mediflo a Triflo II se tyto odchylky pohybovaly v rozmezí 25-50%. U přístrojů Coach a Voldyne odpovídají hodnoty udávané na přístroji skutečnosti (odchylka pouze $\pm 10\%$).

IMT jsou trenažéry sloužící k respiračnímu svalovému tréninku, tyto přístroje využívají nádech proti odporu.

Na trhu existují dva podtypy těchto trenažérů, alineární (děrované) a Threshold trenažéry. K prvnímu podtypu IMT trenažéru patří například trenažér Pflex, k Threshold trenažérům Threshold IMT trenažér (Sierra Biotechnology Company, nevedeno).

U trenažéru Pflex je velikost odporu nastavena pomocí otočení číselníku, který má šest úrovní odporu (nastavení na úroveň 1 poskytne nejmenší odpor, nastavení na úroveň 6 největší) (Philips Respironics, nevedeno). Geddes et al. (2006) uvádí, že u trenažéru Pflex a dalších trenažérů tohoto typu není možné zjistit, zda pacient dosahuje potřebné tréninkové intenzity.

Threshold IMT trenažér kontroluje intenzitu inspiračního tlaku. Pracuje na principu jednocestného ventilu, který umožňuje nastavit odpor (neboli tlak v centimetrech vodního

sloupce), ten je nezávislý na rychlosti pacientova dýchání. Když se pacient nadechuje přes pomůcku Threshold IMT, ventil přidržený pružinou vytváří odpor (Linde gas, neuvedeno). Threshold IMT trenažér je možno použít v jakékoliv poloze. Výchozí odpor pro inspirační svalový trénink se obvykle nastavuje na 30% naměřeného maximálního inspiračního tlaku, doba tréninku se většinou postupně prodlužuje od počátečních 10-15 minut až na 20-30 minut (Burianová et al., 2006).

1.7.3 Trenažér Coach2

Trenažér Coach2 (Obrázek 3) je inspirační dechový trenažér, jde o voIT vyráběný firmou Smiths Medical.

Doporučení od Medical Smiths (anonymous, neuvedeno) k používání dechového trenažéru Coach2 zní takto: Nejprve se připojí vrapovaná hadice s náustkem k výstupnímu portu s filtrem. Žlutý jezdec na boku trenažéru se nastaví na předepsanou hodnotu, ke které by se měl ukazatel ve sloupci znázorňující dosažený objem při každém nádechu přiblížit. Mimo přístroj se hluboce vydechne a poté se náustek pevně obejmě rty. Nádech by měl být proveden pomalu a hluboce tak, aby se žlutý terčík pohyboval v poli směřujícího se obličje. Nádech by měl být proveden po co nejdelší dobu. V době během výdechu mimo trenažér se ukazatel znázorňující dosažený objem pomalu sesouvá zpět dolů. Bastin et al. (1997) ve své práci uvádí, že při udržení terčíku mezi dvěma ukazateli odpovídá průtok přibližně 520 ml/s.

Vstupní otvor na kyslík umožňuje použití kyslíku během terapie (Coach 2, neuvedeno).

Medical Smiths (Coach 2, neuvedeno) doporučuje vlastní trenažér pro každého pacienta. Arbuthnot (1988) uvádí, že díky jednocestnému ventilu je možné jeden spirometr použít u více pacientů, každý však musí mít vlastní hadici a filtr. Mueller v klinické review (1994) srovnával výskyt bakterií v inspiračních trenažérech po použití pacientem po šesti dnech. Coach byl srovnáván s průtokovým inspiračním trenažérem, u trenažéru Coach byl prokázán menší výskyt bakteriálního růstu.

Americká asociace pro respirační péči v klinických postupech (Hilling et al., 1991) navrhuje použití přístroje 5 až 10 dechů za sezení jako minimum, každou hodinu v bdělém stavu, tady celkem přibližně 100krát za den. Většina autorů se shoduje na provedení 10krát

za hodinu v bdělém stavu (Hsu, Batts, Rau, 2005, Pappachen et al., 2003, Rafea et al., 2009, Pullen 2003). Někteří uvádí 20krát každou hodinu v bdělém (Hirschhorn et al., 2008), 30krát co 2 hodiny (Matte et al., 2000), 2krát denně po dobu 15minut (Scherer et al. 2000).

Bylo provedeno několik studií (Bastin et al., 1997; Castro et al., 2003; Hirschhorn et al., 2008; Ho et al., 2000; Mang et al. 1988; Matte et al., 2000; Shah et al., 2003; Scherer et al., 2000; Pappachen et al., 2003; Parreira et al., 2005; Rafea et al., 2009; Sakaláš, 2010 Weinder et al., 1997; Weindler, Kiefer, 2001) hodnotících mechaniku dýchání s trenažérem Coach, elektromyografické studie zkoumaly především zapojení pomocných dechových svalů, byly také provedeny studie zaměřené na technické vlastnosti trenažérů. Autoři došli v těchto studiích došli k závěru, že se při dýchání s Coach IT méně zapojují pomocné dechové svaly, významnější je zapojení bránice, dochází k větší expanzi hrudního koše a většímu pohybu břišního segmentu při dýchání v porovnání s foIT, také popisují menší aditivní dechovou práci při použití tohoto trenažéru.

Ho et al. (2000) ve své studii zjišťovali, který ze dvou trenažérů (Coach či Triflo) preferují při cvičení, 77,3% by raději volilo dýchání s trenažérem Coach ve srovnání s Triflo.



Obrázek 3. Coach2 (Smiths Medical, neuvedeno)

2 CÍLE A HYPOTÉZY

Hlavním cílem diplomové práce je:

- zjistit, zda má třítydenní trénink s inspiračním dechovým trenažérem Coach2 vliv na parametry výměny dýchacích plynů v klidu a v zátěži u zdravých jedinců.

Dalším cílem je:

- podat přehled používaných inspiračních trenažérů v klinické praxi a zhodnotit studie zabývající se dýcháním s volume oriented trenažéry.

Hypotézy:

H₁: Dojde k pozitivnímu ovlivnění ventilačních parametrů při spirometrickém vyšetření u osob po třítydenním tréninku s IT.

H₂: Dojde k pozitivnímu ovlivnění ventilačních parametrů při spiroergometrickém vyšetření (na lehké zátěži, střední zátěži, na úrovni anaerobního prahu a v maximální zátěži) u osob po třítydenním tréninku s IT.

H₃: Změny pozorované při spirometrickém a spiroergometrickém vyšetření budou pouze u osob trénujících s IT, u kontrolní skupiny tyto změny nenastanou.

3 METODIKA

3.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU

Výzkumný soubor se skládal ze zdravých jedinců. Kritéria k zařazení do výzkumného souboru byla tato: jedinec se neléčil na onemocnění respiračního systému, kardiovaskulární nebo neurologické onemocnění, netrpěl déletrvajícimi bolestmi pohybového aparátu, byl nekuřák, neprovozoval závodní sport, během doby výzkumu neměnil frekvenci a časové trvání pohybových aktivit, neznal techniku dýchání s využitím inspiračních trenažérů a byl schopen pochopit dané instrukce. Před vstupním vyšetřením podepsali všichni účastníci výzkumu informovaný souhlas.

Jedinci z výzkumného souboru byli rozdělení do dvou skupin – skupina trénující s inspiračním trenažérem a skupina kontrolní.

Skupinu osob, které trénovaly s inspiračním trenažérem, původně tvořilo 11 osob, jeden jedinec však nebyl schopen 3týdenní trénink s inspiračními trenažéry dokončit, proto byl ze souboru vyřazen. Soubor trénujících osob nakonec tvořilo 10 osob, z toho 5 mužů a 5 žen. Kontrolní skupinu původně tvořilo 10 osob, 1 osoba se nebyla schopna dostavit na kontrolní vyšetření, proto byla ze souboru vyřazena. Nakonec tvořilo kontrolní soubor 9 osob, z toho 5 mužů a 4 ženy.

Charakteristika souboru osob trénujících s IT:

průměrný věk: 25,6 let; SD 3,9; věkové rozpětí: 20-31 let

průměrná tělesná výška: 173,5 cm; SD: 11,3; rozpětí tělesné výšky: 155-187 cm

průměrná tělesná hmotnost: 68,7 kg; SD: 14,8; rozpětí tělesné hmotnosti: 53-100 kg

průměrný body mass indexu (BMI): 22,6 kg/m²; SD: 2,8; rozpětí BMI: 19,5-29,2 kg/m²

Charakteristika kontrolní skupiny:

průměrný věk: 23,8 let; SD 1,9; věkové rozpětí: 20-26 let

průměrná tělesná výška: 177,6 cm; SD: 8,5 cm; rozpětí tělesné výšky: 165-190 cm

průměrná tělesná hmotnost: 73,8 kg; SD: 17,8 kg; rozpětí tělesné hmotnosti: 48-107 kg

průměrný BMI: 23,1 kg/m²; SD: 3,7; rozpětí BMI: 17,6-29,6 kg/m²

3.2 PROTOKOL VYŠETŘENÍ

Vstupní vyšetření se skládalo ze zjištění anamnestických údajů dotazníkovou formou, z vyšetření antropometrických parametrů, z orientačního kineziologického vyšetření, z vyšetření pružnosti hrudníku, ze spirometrického vyšetření a ze spiroergometrického vyšetření. Výstupní vyšetření zahrnovalo vyšetření pružnosti hrudníku, spirometrické vyšetření a spiroergometrické vyšetření.

Vstupní vyšetření bylo provedeno v prvním dnu prvního tréninkového týdne. Kontrolní vyšetření bylo provedeno ihned po ukončení třetího tréninkového týdne. Vstupní i kontrolní vyšetření probíhalo ve stejnou denní dobu.

3.2.1 Spirometrické vyšetření

Spirometrické vyšetření bylo provedeno dvakrát - před spiroergometrickým vyšetřením a po třech minutách po ukončení spiroergometrického vyšetření.

Spirometrické vyšetření bylo provedeno pomocí spirometru (spirometrický software dechového analyzátoru firmy Medgrafics). Před každým vyšetřením byla provedena kalibrace průtok/objem dle třílitrové kalibrační injekce.

Na začátku vyšetření byl jedinec řádně seznámen s celým postupem spirometrického vyšetření. Vyšetření bylo provedeno v poloze vsedě. Při vyšetření byl vložen do úst náustek mezi zuby, který byl držen rty, dále byl použit nosní klip.

Spirometrické vyšetření prováděl lékař, jenž nevěděl, zda je jedinec ze souboru osob trénujícího s IT či ze souboru kontrolního.

Hodnoceny byly tyto parametry:

- FVC
- FEV1
- FEV1/FVC
- PEF

3.2.3 Spiroergometrické vyšetření

Spiroergometrické vyšetření bylo provedeno na bicyklovém ergometru Ergoline 900, kde je možnost nastavení výkonu ve Wattech nezávisle na otáčkách. Zátěž ve Wattech byla automaticky nastavována softwarem.

V průběhu zátěžového vyšetření bylo monitorováno dvanácti-svodové EKG (firma Schiller) - v modifikaci Mason – Likar, byl registrován krevní tlak rtuťovým tonometrem s manžetou připevněnou na pravé horní končetině, tepová frekvence byla registrována sporttestrem (zn.Polar), saturace hemoglobinu byla kontrolována pulzním oxymetrem. Dýchání probíhalo skrze náustek. Analýza dechových plynů (analyzátor CPX firmy Medgrafics) byla zaznamenána dech po dechu (výpis kontinuálně, pro statistiku hodnocené průměry z osmi zprůměrovaných dechů).

Spiroergometrické vyšetření prováděl lékař, jenž nevěděl, zda je jedinec ze souboru osob trénujícího s IT či ze souboru kontrolního.

Protokol spiroergometrického vyšetření:

- ⇒ zátěž nízké intenzity po dobu 3 minut (intenzita: 1W/kg)
- ⇒ 1-2minutová přestávka
- ⇒ zátěž střední intenzity po dobu 3 minut (intenzita: 2W/kg)
- ⇒ 1-2minutová přestávka
- ⇒ kontinuálně stupňovaná intenzita zátěže (počáteční zátěž: 1W/kg, rampa: 0,5W/kg za 1 minutu) až do subjektivního maxima
- ⇒ zátěž s minimální intenzitou po dobu 3 minut (intenzita: 25W)

Měření ventilačních parametrů bylo prováděno poslední minutu každého stupně zátěže (tj. ve 3. a 6.minutě) a v průběhu celé kontinuálně stupňované zátěže.

Hodnoceny byly tyto parametry:

- dechová frekvence
- dechový objem BTPS
- minutová ventilace BTPS
- spotřeba kyslíku na kg hmotnosti
- maximální výkon
- vnímání intenzity dle Borgovy škály
- vnímání dušnosti dle Borgovy škály

Naměřené hodnoty plicních objemů v určitých proměnných podmínkách se označují ATPS (ATPS označuje ventilační hodnoty nekorigované). Pro standardizaci se hodnoty korigují na podmínky BTPS (body temperature pressure saturated) (teplota: 37°C, atmosférický tlak: 101,3kPa = 760 mmHg, průměrná saturace vodními parami) (Martiník, 2007).

3.2.3 Pružnost hrudníku

Pro stanovení pružnosti hrudníku bylo zvoleno měření obvodů hrudníku v maximálním inspiriu a v maximálním expiriu. Obvody hrudníku byly měřeny v xifosternální rovině ve vertikální poloze těla (vestoje) pomocí pásové míry. Obvod hrudníku byl měřen třikrát během maximálního inspira a třikrát během maximálního expiria. Měření bylo provedeno před zahájením spirometrického a spiroergometrického vyšetření. Zaznamenány byly nejlepší dosažené obvody. „Rozdíl mezi obvodem při inspiriu a expiriu tvoří pružnost hrudníku“ (Haladová, Nechvátalová, 1997, s. 26).

Vyšetření pružnosti hrudníku bylo provedeno před zahájením spirometrického a spiroergometrického vyšetření.

3.3 TRÉNINKOVÝ PROTOKOL

Pro trénink byl zvolen inspirační trenažér Coach2. Trénink s inspiračním trenažérem probíhal tři týdny a v každém ze tří tréninkových týdnů šest dní (tj. $3 \cdot 6 = 18$). Pro trénink byla zvolena poloha vestoje, poloha vsedě a poloha vleže na boku.

V prvním týdnů prováděli jedinci v jednom tréninkovém dni 90 dechových cyklů s využitím inspiračního trenažéru ve třech polohách /poloha vleže na pravém boku (30 dechových cyklů), poloha vleže na levém boku (30 dechových cyklů), poloha vsedě (30 dechových cyklů)/. Ve druhém a třetím týdnů provedli jedinci v jednom tréninkovém dni 100 dechových cyklů s využitím inspiračního trenažéru ve čtyřech polohách /poloha vleže na pravém boku (25 dechových cyklů), poloha vleže na levém boku (25 dechových cyklů), poloha vsedě (25 dechových cyklů), poloha vestoje (25 dechových cyklů)/.

První trénink, kontrolní trénink v prvním týdnu a trénink na začátku druhého a třetího týdne (tj. celkem 4) probíhal pod dohledem, poté jedinci trénovali s využitím IT v domácím prostředí.

V prvním sezení byli jedinci seznámeni s technikou používání inspiračního trenažéru. Při každém setkání byl kladen především důraz na uvědomění si nastavení výchozí polohy, ve které jedinci prováděli trénink, a na techniku dýchání s inspiračním trenažérem. Nádech prováděli po co nejdélší dobu s cílem dosažení co nejvyššího objemu, zároveň museli po celou dobu nádechu udržet ukazatel průtoku v předurčeném poli. Instruovali (slovně a manuálně) jsme probandy, aby se snažili při nádechu maximálně rozšířit oblast spodních žeber do stran a minimálně elevovali ramena. Během dýchání probandi IT nedrželi v ruce, trenažér byl umístěn tak, aby při pohledu na stupnici objemu a průtokový válec nedocházelo k předklonu či záklonu hlavy. Při změně polohy měli probandi 1-3 minuty pauzu, další pauzy během tréninku s IT si volili sami dle subjektivních pocitů. Trénink probíhal v jednom celku.

Na začátku obdrželi všichni probandi tréninkový list, do kterého zapisovali datum tréninku a nejčastěji dosažený objem (dle stupnice na trenažéru) při cvičení v dané poloze. Po ukončení třítýdenního tréninku zaznamenali jedinci obtížnost dodržování třítýdenního tréninkového programu na numerické škále od hodnoty 0 do 10 (0 = velice snadné; 10 = velice obtížné).

3.4 ZPRACOVÁNÍ DAT

Pro zpracování získaných dat a pro tvorbu tabulek a grafů byla použita aplikace Microsoft Excel 2007.

Pro statistickou analýzu byla použita aplikace Microsoft Excel 2007. Ověření normálnosti dat jsme provedli pomocí šikmosti a špičatosti. K ověření statistické významnosti získaných dat jsme použili dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu. Hladina významnosti $p < 0,05$ byla považována za statisticky významnou u všech vyhodnocovaných parametrů. Srovnání souboru osob, které trénovaly s IT, s kontrolní skupinou bylo provedeno deskriptivně a graficky.

4 VÝSLEDKY

4.1 SPIROMETRICKÉ VYŠETŘENÍ

	vstupní vyšetření		výstupní vyšetření			
	průměr	SD	průměr	SD	↑ či ↓ hodnoty	hladina významnosti
FVC pre [l]	4,66	0,83	4,85	0,87	↑	0,003
FVC post [l]	4,65	0,86	4,80	0,90	↑	0,015
FEV1 pre [l]	3,98	0,66	4,03	0,61	↑	0,199
FEV1 post [l]	4,07	0,71	4,09	0,62	↑	0,424
FEV1/FVC pre [%]	85,60	5,32	83,70	4,85	↓	0,002
FEV1/FVC post [%]	87,90	7,96	85,70	8,39	↓	0,023
PEF pre [l/s]	8,09	2,68	8,18	2,17	↑	0,382
PEF post [l/s]	5,40	2,20	4,57	2,68	↓	0,037

Tabulka 2. Výsledky spirometrického vyšetření skupiny osob, které trénovaly s IT

Tabulka 2 popisuje výsledky spirometrického vyšetření před (parametry označeny pre) a po (parametry označeny post) provedení spiroergometrického vyšetření osob, které trénovaly s IT.

Došlo ke statisticky významnému zvýšení FVC, FVC před zátěží se průměrně zvýšila o 0,19 litrů ($p=0,003$), FVC po zátěži se zvýšila průměrně o 0,15 litrů ($p=0,015$) při výstupním vyšetření oproti vyšetření vstupnímu. Statisticky významné snížení při výstupním vyšetření oproti vstupnímu je u parametrů FEV1/FVC před zátěží v průměru o 1,9% ($p=0,002$), FEV1/FEV po zátěži v průměru o 2,20% ($p=0,023$) a PEF po zátěži v průměru o 0,83 litrů/sekundu ($p=0,037$). Parametr FEV1 před ani po zátěži neprokazuje statisticky významnou změnu, stejně tak ani PEF před zátěží.

	vstupní vyšetření		výstupní vyšetření		hladina významnosti	
	průměr	SD	průměr	SD		
FVC pre [l]	5,19	1,33	5,17	1,30	↓	0,346
FVC post [l]	5,17	1,31	5,17	1,29		0,480
FEV1 pre [l]	4,18	0,86	4,12	0,82	↓	0,068
FEV1 post [l]	4,21	0,82	4,14	0,68	↓	0,213
FEV1/FVC pre [%]	82,44	11,33	81,33	10,63	↓	0,111
FEV1/FVC post [%]	83,56	11,78	82,22	11,71	↓	0,204
PEF pre [l/s]	7,72	1,44	7,80	1,46	↑	0,375
PEF post [l/s]	7,82	1,73	8,01	1,32	↑	0,132

Tabulka 3. Výsledky spirometrického vyšetření kontrolní skupiny

Tabulka 3 popisuje výsledky spirometrického vyšetření, které bylo provedeno před (parametry označeny pre) a po (parametry označeny post) spiroergometrickém vyšetření u osob z kontrolní skupiny.

Žádný parametr neprokázal signifikantní změnu při výstupním spirometrickém vyšetření oproti vstupnímu vyšetření.

4.2 SPIROERGOMETRICKÉ VYŠETŘENÍ

	vstupní vyšetření		výstupní vyšetření			
intenzita	průměr	SD	průměr	SD	↑ či ↓ hodnoty	hladina významnosti
DECHOVÁ FREKVENCE [počet dechů za minutu]						
1W/kg	22,60	6,20	20,90	6,72	↓	0,153
2W/kg	29,70	4,32	24,90	5,53	↓	0,012
AT	30,20	3,99	29,50	5,36	↓	0,364
MAX	50,40	12,79	53,90	12,37	↑	0,130
DECHOVÝ OBJEM BTPS [ml]						
1W/kg	1674,40	670,47	1933,80	753,62	↑	0,006
2W/kg	2001,70	556,44	2380,80	597,15	↑	0,001
AT	2258,00	581,42	2489,60	634,27	↑	0,053
MAX	2435,10	800,60	2457,70	686,52	↑	0,358
MINUTOVÁ VENTILACE BTPS [l/min]						
1W/kg	34,25	4,57	36,76	5,82	↑	0,058
2W/kg	57,54	8,02	57,89	11,39	↑	0,448
AT	67,46	16,85	71,31	14,96	↑	0,125
MAX	116,56	29,27	131,73	37,35	↑	0,015
SPOTŘEBA KYSLÍKU [ml·kg⁻¹·min⁻¹]						
1W/kg	19,89	2,54	20,87	1,70	↑	0,056
2W/kg	29,91	2,08	30,68	1,52	↑	0,175
AT	35,00	6,28	37,00	4,27	↑	0,035
MAX	45,29	7,56	47,42	5,64	↑	0,012
POMĚR VENTILACE V MAXIMÁLNÍ ZÁTĚŽI K NORMĚ [%]						
MAX	73,12	12,38	81,55	15,12	↑	0,017
MAXIMÁLNÍ VÝKON [W/kg]						
MAX	3,73	1,03	3,87	1,11	↑	0,012

Tabulka 4. Výsledky spiroergometrického vyšetření skupiny osob, které trénovaly s IT

Tabulka 4 popisuje výsledky spiroergometrického vyšetření skupiny osob, které trénovaly s IT. Byly hodnoceny tyto parametry: dechová frekvence, dechový objem BTPS, minutová ventilace BTPS, spotřeba kyslíku, poměr maximální ventilace v maximální zátěži k normě a maximální výkon.

Dechová frekvence

Při výstupním vyšetření došlo ke statisticky významnému snížení dechové frekvence na střední intenzitě zátěže – 2W/kg průměrně o 4,80 dechů/minutu ($p=0,012$). Snížení dechové frekvence při intenzitě 1W/kg a v úrovni anaerobního prahu nebylo statisticky významné (1W/kg $p=0,153$; anaerobní práh $p=0,364$). Zvýšení dechové frekvence v maximální zátěži v průměru o 3,5 dechů/minutu nebylo statisticky významné ($p=0,130$).

Dechový objem

Dechový objem se statisticky významně zvýšil na úrovni intenzity 1W/kg průměrně o 259,40 mililitrů ($p=0,006$) a na úrovni intenzity 2W/kg průměrně o 379,10 mililitrů ($p=0,001$). Zvýšení na úrovni anaerobního prahu průměrně o 231,6 mililitrů se blíží statistické významnosti ($p=0,053$). Zvýšení dechového objemu v maximální zátěži nebylo statisticky významné ($p=0,358$).

Minutová ventilace

Na všech intenzitách zátěže došlo ke zvýšení minutové ventilace, statisticky významné však bylo pouze zvýšení minutové ventilace v maximální zátěži průměrně o 15,17 litrů ($p=0,015$).

Spotřeba kyslíku

Zvýšení spotřeby kyslíku na nízké a střední intenzitě zátěže nebylo statisticky významné. Spotřeba kyslíku se statisticky signifikantně zvýšila na úrovni anaerobního

prahu průměrně o 2,00 ml/kg/min ($p=0,035$) a na úrovni maxima průměrně o 2,13 ml/kg/min ($p=0,012$) při výstupním vyšetření oproti vstupnímu vyšetření.

Poměr maximální ventilace v maximální zátěži k normě

Poměr maximální ventilace v maximální zátěži k predikované normě (vypočtená z parametrů klidového spirometrického vyšetření) se statisticky významně zvětšil z původních 73,12% na 81,55%, procentuální vyjádření ventilace v maximální zátěži k predikované normě se tedy průměrně zvětšilo o 8,43 procentních bodů ($p=0,017$).

Maximální výkon

Došlo ke statisticky významnému zvýšení maximálního výkonu průměrně o 0,14W/kg ($p=0,012$) při výstupním vyšetření oproti vstupnímu.

	vstupní vyšetření		výstupní vyšetření			
intenzita	průměr	SD	průměr	SD	↑ či ↓ hodnoty	hladina významnosti
DECHOVÁ FREKVENCE [počet dechů za minutu]						
1W/kg	23,14	1,21	22,00	0,82	↓	0,033
2W/kg	26,11	4,01	28,22	3,93	↑	0,106
AT	25,56	3,71	28,44	5,53	↑	0,043
MAX	45,11	6,51	46,22	4,63	↑	0,277
DECHOVÝ OBJEM BTPS [ml]						
1W/kg	1430,89	288,82	1435,44	368,58	↑	0,468
2W/kg	2234,11	620,44	2073,89	503,68	↓	0,101
AT	2769,33	812,18	2418,56	788,77	↓	0,013
MAX	2756,78	658,87	2736,00	757,04	↓	0,404
MINUTOVÁ VENTILACE BTPS [l/min]						
1W/kg	32,54	6,52	31,92	6,86	↓	0,238
2W/kg	56,86	12,43	57,20	13,34	↑	0,442
AT	69,01	17,94	66,53	17,87	↓	0,206
MAX	123,41	31,22	124,58	30,52	↑	0,384
SPOTŘEBA KYSLÍKU [ml·kg⁻¹·min⁻¹]						
1W/kg	17,70	0,99	16,99	1,21	↓	0,015
2W/kg	28,02	1,65	27,41	1,10	↓	0,095
AT	34,66	1,65	32,66	2,33	↓	0,027
MAX	45,30	2,20	43,79	3,90	↓	0,061
POMĚR VENTILACE V MAXIMÁLNÍ ZÁTĚŽI K NORMĚ [%]						
MAX	73,65	15,20	75,22	13,47	↑	0,259
MAXIMÁLNÍ VÝKON [W/kg]						
	3,92	0,47	4,00	0,37	↑	0,112

Tabulka 5. Výsledky spiroergometrického vyšetření kontrolní skupiny

Tabulka 5 popisuje výsledky spiroergometrického vyšetření kontrolní skupiny. Byly hodnoceny tyto parametry: dechová frekvence, dechový objem BTPS, minutová

ventilace BTPS, spotřeba kyslíku, poměr maximální ventilace v maximální zátěži k normě a maximální výkon.

Dechová frekvence

Při statistickém vyhodnocení dechové frekvence bylo nutné z důvodu normálního rozložení dat vyloučit odlehlé hodnoty na intenzitě 1W/kg, vyloučili jsme tedy hodnoty dvou osob. Statistická analýza dechové frekvence na intenzitě 1W/kg je počítána ze souboru sedmi osob.

Statisticky signifikantní bylo snížení dechové frekvence u kontrolní skupiny na intenzitě 1W/kg průměrně o 1,14 dechů za minutu ($p=0,033$). Dále došlo ke statistickému zvýšení dechové frekvence na úrovni anaerobního prahu průměrně o 2,88 dechů za minutu ($p=0,043$). Na ostatních intenzitách zátěže nebyla změna dechové frekvence statisticky významná.

Dechový objem

Snížení dechového objemu na úrovni anaerobního prahu průměrně o 350,77 mililitrů bylo statisticky významné ($p=0,013$). Změny dechového objemu na ostatních intenzitách zátěže nevykazují statistickou významnost.

Minutová ventilace

U kontrolní skupiny nedošlo k statisticky významné změně minutové ventilace na žádném stupni intenzity zátěže při výstupním spirometrickém vyšetření oproti vyšetření vstupnímu.

Spotřeba kyslíku

Při statistickém vyhodnocení dechové frekvence bylo nutné vyloučit odlehlé hodnoty na intenzitě anaerobního prahu a v maximální zátěži, abychom dosáhli normálního rozložení dat. Vyloučili jsme jednu osobu. Statistická analýza spotřeby kyslíku na intenzitě v úrovni anaerobního prahu a na úrovni maxima je počítána ze souboru osmi osob.

Došlo ke statisticky významnému snížení spotřeby kyslíku na intenzitě 1W/kg průměrně o 0,71 ml/kg/min ($p=0,015$), v úrovni anaerobního prahu průměrně o 2,00 ml/kg/min ($p=0,027$) a v maximální zátěži průměrně o 1,51 ml/kg/min ($p=0,061$).

Poměr maximální ventilace v maximální zátěži k normě

U kontrolní skupiny nedošlo k statisticky významné změně procentuálního vyjádření ventilace v maximální zátěži k predikované normě (vypočtená z parametrů klidového spirometrického vyšetření) při výstupním vyšetření oproti vyšetření vstupnímu.

Maximální výkon

Zvýšení maximálního výkonu při výstupním vyšetření kontrolní skupiny ve srovnání s vstupním vyšetřením nedosahuje statistické významnosti ($p=0,112$).

4.3 SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ INTENZITY ZÁTĚŽE A SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ DUŠNOSTI DLE BORGOVY ŠKÁLY

intenzita	vstupní vyšetření		výstupní vyšetření		↑ či ↓ hodnoty	hladina významnosti
	průměr	SD	průměr	SD		
VNÍMÁNÍ INTENZITY ZÁTĚŽE DLE BORGOVY ŠKÁLY [stupeň]						
1W/kg	8,80	1,69	7,80	1,03	↓	0,037
2W/kg	13,50	0,97	12,20	1,03	↓	0,007
MAX	18,20	1,55	18,10	1,66	↓	0,399
VNÍMÁNÍ DUŠNOSTI DLE BORGOVY ŠKÁLY [stupeň]						
1W/kg	0,35	0,41	0,55	0,69	↑	0,172
2W/kg	2,20	1,03	1,95	1,01	↓	0,206
MAX	7,10	2,42	7,05	3,08	↓	0,471

Tabulka 6. Výsledky hodnocení intenzity zátěže a hodnocení dušnosti dle Borgovy škály u skupiny osob, které trénovaly s IT

Tabulka 6 popisuje výsledky hodnocení vnímání intenzity a hodnocení dušnosti dle Borgovy škály u osob, které trénovaly s IT.

Při výstupním hodnocení došlo k statisticky významnému snížení vnímání intenzity zátěže oproti vstupnímu vyšetření na intenzitě 1W/kg a 2W/kg. Vnímání intenzity zátěže se na intenzitě 1W/kg snížilo průměrně o 1 stupeň škály ($p=0,037$) a na intenzitě 2W/kg průměrně o 0,7 stupňů škály ($p=0,007$). Vnímání intenzity v maximální zátěži nebylo statisticky významně ovlivněno ($p=0,399$).

Při výstupním hodnocení nedošlo ke statisticky významnému ovlivnění vnímání dušnosti oproti vstupnímu vyšetření na žádné intenzitě zátěže (1W/kg $p=0,172$; 2W/kg $p=0,206$; maximální zátěž $p=0,471$).

intenzita	vstupní vyšetření		výstupní vyšetření		↑ či ↓ hodnoty	hladina významnosti
	průměr	SD	průměr	SD		
VNÍMÁNÍ INTENZITY ZÁTĚŽE DLE BORGOVY ŠKÁLY [stupeň]						
1W/kg	10,00	1,80	8,56	1,67	↓	0,061
2W/kg	13,22	0,97	12,44	1,01	↓	0,033
MAX	18,00	1,80	17,44	1,88	↓	0,292
VNÍMÁNÍ DUŠNOSTI DLE BORGOVY ŠKÁLY [stupeň]						
1W/kg	1,06	1,07	0,72	0,62	↓	0,193
2W/kg	2,89	1,90	2,56	1,59	↓	0,250
MAX	7,22	2,82	7,22	2,86		0,500

Tabulka 7. Výsledky hodnocení intenzity zátěže a hodnocení dušnosti dle Borgovy škály u kontrolní skupiny

Tabulka 7 popisuje výsledky hodnocení vnímání intenzity zátěže a hodnocení dušnosti dle Borgovy škály u osob z kontrolní skupiny.

Při výstupním hodnocení došlo k statisticky významnému snížení vnímání intenzity zátěže oproti vstupnímu vyšetření na úrovni zatížení 2W/kg ($p=0,033$). Změna vnímání intenzity nebyla na intenzitě 1W/kg a v maximální zátěži signifikantní (1W/kg $p=0,061$; maximální zátěž $p=0,292$).

Při výstupním hodnocení nedošlo ke statisticky významnému ovlivnění vnímání dušnosti oproti vstupnímu vyšetření na žádné intenzitě zátěže (1W/kg $p=0,193$; 2W/kg $p=0,250$; maximální zátěž $p=0,500$).

4.4 VYŠETŘENÍ PRUŽNOSTI HRUDNÍKU

	vstupní vyšetření		výstupní vyšetření			
	průměr	SD	průměr	SD	↑ či ↓ hodnoty	hladina významnosti
% rozdíl mezi obvodem v max. inspiriu a max. expiriu	8,71	2,85	10,49	2,57	↑	0,006

Tabulka 8. Výsledky vyšetření pružnosti hrudníku skupiny osob, které trénovaly s IT

Tabulka 8 popisuje výsledky vyšetření pružnosti hrudníku osob, které trénovaly s IT.

Při výstupním hodnocení pružnosti hrudníku došlo k signifikantní změně oproti vstupnímu vyšetření ($p=0,006$), pružnost hrudníku se zvýšila z původních 8,71 na 10,49 procentních bodů, průměrně se tedy zvýšila o 1,78 procentních bodů. Za 100% byl považován obvod hrudníku v maximálním inspiriu.

	vstupní vyšetření		výstupní vyšetření			
	průměr	SD	průměr	SD	↑ či ↓ hodnoty	hladina významnosti
% rozdíl mezi obvodem v max. inspiriu a max. expiriu	8,34	3,21	8,15	2,86	↓	0,257

Tabulka 9. Výsledky vyšetření pružnosti hrudníku kontrolní skupiny

Tabulka 9 popisuje výsledky vyšetření pružnosti hrudníku osob z kontrolní skupiny.

Při výstupním hodnocení pružnosti hrudníku nedošlo k signifikantní změně oproti vstupnímu vyšetření ($p=0,257$). Za 100% byl považován obvod hrudníku v maximálním inspiriu.

4.5 OBTÍŽNOST DODRŽOVÁNÍ TRÉNINKU

Jak pro Vás bylo obtížné dodržovat daný plán tréninku s inspiračním trenažérem?

(0 - velice snadné; 10 – velice obtížné)

0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10

Obrázek 4. Hodnocení obtížnosti dodržování třítydenního tréninku

Jedinci měli na numerické škále od 0 do 10 zaznačit obtížnost dodržování třítydenního tréninku (Obrázek 4). Průměrná hodnota byla 6,40, směrodatná odchylka 2,01.

DISKUZE

První inspirační trenažér byl sestrojen Bartlettem v roce 1973 s cílem podnítit prostřednictvím vizuální zpětné vazby usilovný maximální nádech.

Inspirační trenažéry jsou přístroje běžně používané v klinické praxi, literatura poskytuje specifické pokyny a zdůvodnění jejich použití - AARC clinical guidelines. V klinické praxi se používají inspirační trenažéry, které se rozdělují do tří základních skupin inspirační trenažéry zaměřené na dosažený objem, inspirační trenažéry zaměřené na průtok a trenažéry sloužící k respiračnímu svalovému tréninku. Dýchání pomocí inspiračních trenažérů zaměřených na dosažený objem či průtok se v literatuře označuje termínem "incentive spirometry". Tato práce se zaměřuje na voIT.

IS je v klinické praxi používán jako část běžného preventivního a léčebného režimu v perioperační respirační péči, proto také dostupné studie posuzují především účinnost IS v prevenci a léčbě osob s respiračním onemocněním či v prevenci pooperačních komplikací po hrudních, břišních a thorakoabdominálních operacích. Nicméně výsledky těchto studií jsou protichůdné. Bastin et al. (1997) doporučují použití IS v prvních dnech po provedení lobektomie z důvodu zlepšení ventilačních parametrů, především VC a IRV. Weiner et al. (1997) prezentovali významný efekt IS na ventilační parametry u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí po provedení resekce plic. Celli et al. (1984) poukázali na zkrácení doby hospitalizace díky použití IS u jedinců po břišní operaci. Rafea et al. (2009) prezentovali statisticky významné zlepšení FVC a FEV1 po provedené břišní operaci u žen. Bylo také provedeno několik studií srovnávajících účinnost IS s dalšími léčebnými postupy (Celli et al., 1984; Dohi, Gold, 1978; Gale, Sanders, 1980; Matte et al., 2000; Pappachen et al., 2003; Rafea et al., 2009; Romanini et al., 2007). V roce 2009 Cochrane Collaboration (Guimarães et al., 2009) zpracovala review (11 studií z roku 1974-1996), kde poukázala na neexistující důkazy o efektivnosti IS v prevenci pulmonálních komplikací u osob po břišní operaci.

Dále byly zkoumány různé aspekty hodnotící účinnost IS. Několik studií hodnotilo pohyb segmentů během dýchání s voIT. Parreira et al. (2005) hodnotili pohyb hrudníku a břišního segmentu pomocí indukční cívky pokryté teflonem, ta byla umístěna v úrovni axily a umbilicu při použití foIT a voIT. Z výsledků vyplynulo, že při použití voIT bylo

dosaženo většího pohybu břišního segmentu ve srovnání s foIT. Tomich et al. (2010) hodnotili efekt foIT, voIT a prohloubeného dýchání na dechový vzor a pohyb hrudníku a břicha u osob po bandáži žaludku. Výsledky studie provedené Ho et al. (2000) ukazují, že díky voIT dojde k větší expanze hrudního koše ve srovnání s foIT, také bylo při dýchání s voIT zaznamenáno menší zapojení pomocných dechových svalů ve srovnání s foIT. Jediná studie, která k zobrazení mobility segmentů použila zobrazovací techniku, je studie provedená Yamagutim et al. (2010), kdy pomocí zobrazení ultrazvukem hodnotili pohyb bránice při prohloubeném dýchání, dýchání s voIT a foIT. Signifikantně největší pohyb bránice byl zaznamenán při dýchání s voIT.

Parreira et al. (2004) zkoumali vliv pozice těla (náklon 30° a 45°) během použití foIT a voIT, pohyb břišního segmentu byl nejvýznamnější v 30° při použití voIT, dosažený dechový objem v 30° a 45° nebyl významně rozdílný a to ani při srovnání foIT ani voIT navzájem.

Jedním z klinicky významných parametrů je aditivní dechová práce generována samotnými IT, její velikost závisí na konstrukčních vlastnostech trenažéru, což může přímo ovlivnit samotné provedení dýchání. Mang et al. (1988) poukázali na významné rozdíly aditivní dechové práce u několika IT, mezi nimiž byl i Coach, Voldyne či Triflo II. Srovnáním aditivní dechové práce u IT se dále zabýval Weindler, Kiefer (2001). Popisují větší přídatnou dechovou práci při použití foIT ve srovnání s voIT, proto doporučují především v pooperační respirační péči zvolit trenažér s nízkou aditivní dechovou prací, neboť dechová práce je často již zvýšena z důvodu zvýšené sekrece v dýchacích cestách, atelektázy či slabosti inspiračních svalů. V experimentu provedeném Tomichem et al. (2007) došlo při použití voIT k statisticky významnému zvýšení poměru doby trvání inspiria k trvání celého dechového cyklu v porovnání s klidovým dýcháním, to by dle Tomicha et al. (2007) mohlo pravděpodobně přispívat k laminárnímu proudění vzduchu a snížení dechové práce. Subjektivní pocit dechového úsilí při dýchání s voIT a foIT zkoumali Ho et al. (2000), jedinci uváděli dle subjektivního pocitu vyvinutí většího dechového úsilí při dýchání s foIT než s voIT.

Pouze několik prací zkoumalo elektromyografickou aktivitu při dýchání s IT. Více takovýchto studií bylo provedeno u IMT, kdy například Orozco-Levi et al. (1995) sledovali aktivitu m. latissimus dorsi při dýchání proti odporu s různou intenzitou či DeAndrade et al. (2005) měřili aktivitu m. sternocleidomastoideus (SCM) při IMT. Zaznamenali jsme

pouze tři studie, které hodnotily elektromyografickou aktivitu při použití voIT. Bolina et al. (2002) elektromyograficky hodnotili zapojení bránice a m. SCM během dýchání s voIT a foIT. Tomich et al. (2007) hodnotili aktivitu m. SCM během dýchání s voIT a foIT a během prohloubeného dýchání, zaznamenali signifikantně větší elektromyografickou aktivitu m. SCM při použití foIT ve srovnání voIT a také ve srovnání s hlubokým dýcháním, dále také nezaznamenali signifikantní zvýšení aktivity m. SCM u voIT v porovnání s prohloubeným dýcháním. Sakaláš (2010) zjišťoval efekt voIT na aktivitu pěti vybraných svalů v relativně stabilní poloze a při posturálním zatížení. V poloze vsedě se při dýchání s voIT signifikantně zvýšila elektromyografická aktivita m. obliquus internus abdominis o 20%, díky tomu autor poukazuje na efektivnost trenažeru aktivovat spodní část břicha, která při dechově-posturální insuficienci bývá často nefunkční. V poloze vleže na zádech s podloženými dolními končetinami do trojflexe (v horizontálním sedu) naměřil významnou aktivaci pomocných dechových svalů a menší aktivaci m. obliquus internus abdominis.

Technické aspekty samotných trenažerů - rozdíl mezi požadovaným a naměřeným objemem a průtokem posuzovali ve své práci Mang et al. (1989) či Parreira et al. (2005). Mang et al. (1989) naměřili u čtyř foIT vyšší hodnoty průtoku, než byly uváděny výrobcem, odchylky se pohybovaly v rozmezí od 25 do 50%. U voIT (trenažer Coach a Voldyne) byly hodnoty požadovaného a naměřeného objemu s odchylkou maximálně $\pm 10\%$. Parreira et al. (2005) zaznamenali také jisté odchylky u voIT. Tento fakt pravděpodobně souvisí s únikem vzduchu nebo třením ve válci. Tyto výsledky ukazují, že technické vlastnosti trenažerů jsou zdrojem chyb, což může pomoci vysvětlit nekonzistentní výsledky publikované v literatuře hodnotící účinnost IS. Tato záležitost by zasluhovala další zkoumání.

Respirační funkce dechových svalů je propojená s funkcí posturální a není tedy možné vnímat dechovou funkci samostatně. V žádné zahraniční studii týkající se IT jsme nenalezli zmínku o propojenosti dechové a posturální funkce. Jediná práce, která se provázaností dechové a posturální funkce zabývá, je experimentální práce provedena Sakalášem (2010). V této studii potvrzuje vliv IT na aktivitu dechových svalů. Dle výsledků experimentu doporučuje k nácviku dechově posturální funkce polohu sedu, neboť v této poloze změřil signifikantní aktivaci m. obliquus internus abdominis bez zvýšené aktivace pomocných dechových svalů.

Také jsme nezaznamenali žádnou provedenou studii, která by hodnotila účinnost voIT na pozitivní změnu ventilačních parametrů v dynamické zátěži. A právě to se stalo předmětem našeho experimentu.

Cílem našeho experimentu “Ovlivnění ventilačních parametrů s využitím inspiračních dechových trenažérů“ bylo zjistit, zda má trénink s inspiračním dechovým trenažérem vliv na parametry výměny dýchacích plynů v klidu a v zátěži.

K parametrům, které jsme sledovali při spirometrickém vyšetření, náleží FVC, FEV1, FEV1/FVC a PEF. Zátěžové vyšetření bylo prováděno dynamickou zátěží na bicyklovém ergometru. Během spiroergometrického vyšetření byla sledována dechová frekvence, dechový objem, minutová ventilace a spotřeba kyslíku na kilogram hmotnosti. Parametry byly hodnoceny při zátěži nízké a střední intenzity, v úrovni anaerobního prahu a v maximální zátěži. Dále byl hodnocen maximální dosažený výkon. Vnímání intenzity dle Borgovy škály a vnímání dušnosti dle Borgovy škály jsme zaznamenávali při zátěži nízké intenzity, střední intenzity a v maximální zátěži. Vyšetření ventilačních parametrů jsme doplnili vyšetřením pružnosti hrudníku.

Studie byla provedena na deseti zdravých jedincích, žádný jedinec neměl znalosti ani předchozí zkušenost s IT. Veškerá kritéria, která probandi museli splňovat, jsou popsána v metodice této práce. Zdraví jedinci byli vybráni z důvodu prvního experimentu s IT tohoto druhu a především pro možnost provést zátěžové vyšetření až do úrovně maximální zátěže. Předešlé studie provedené na zdravých probandech zkoumaly především bezprostřední efekt na mechaniku dýchání při IS (Bolina et al., 2002; Castro et al., 2003; Parreira et al., 2004; Parreira et al., 2005; Sakaláš, 2010; Tomich et al., 2007; Yamaguti et al., 2010). Do experimentu jsme zařadili kontrolní skupinu devíti osob pro vyloučení možného zlepšení některých parametrů, k němuž by mohlo dojít díky opakovanému provedení vyšetření.

K tréninku byl vybrán trenažér Coach2. Trenažér Coach patří do skupiny voIT. Součástí tohoto trenažéru je jeden válec znázorňující dosažený dechový objem a druhý válec znázorňující průtok. Tento typ trenažéru byl použit v několika studiích (Bastin et al., 1997; Castro et al., 2003; Hirschhorn et al., 2008; Ho et al., 2000; Mang et al. 1988; Matte et al., 2000; Shah et al., 2003; Scherer et al., 2000; Pappachen et al., 2003; Parreira et al., 2005; Rafea et al., 2009; Sakaláš, 2010 Weinder et al., 1997; Weindler, Kiefer, 2001),

zmíněné studie popisují menší zapojení pomocných dechových svalů, významnější zapojení bránice, větší expanzi hrudního koše a větší pohyb břišního segmentu při dýchání s tímto trenažérem v porovnání s foIT, dále popisují menší aditivní dechovou práci při použití tohoto trenažéru. Nevýhodu trenažéru Coach2 v našem experimentu spatřujeme v ukazateli dosaženého objemu maximálně do 4000 ml, někteří naši probandi se totiž postupným tréninkem dostali na hodnotu 4000 ml a jejich dechový objem tuto hodnotu přesahoval, ukazatel byl v tomto případě vyzdvižen a poté držen na nejvyšším možném místě. Také voIT Spiroball a Airlife mají maximální hodnotu na válci také 4000ml, avšak například Voldyne5000 má ukazatel objemu až do 5000ml.

Celkovou dobu tréninku s trenažérem Coach2 jsme stanovili na dobu tří týdnů. Jedná se o poměrně krátkou dobu, očekáváme však jisté změny při intenzivním tréninku již po takto krátké době. Většina studií sleduje pouze krátkodobou účinnost IS na ventilační parametry v pooperačním období, a to i pouze dva (Chuter et al., 1989; Matte et al., 2000; Pappachen et al., 2003) či tři dny (Romanini et al., 2007). Ojedinele byl použit trenažér Coach po dobu delší než jeden týden, zaznamenali jsme dvě studie. Celková doba trvání inspiračního tréninku u osob s chronickou obstrukční plicní nemocí po resekci plic ve studii provedené Weiner et al. (1997) byla tři měsíce a dva týdny. Ve studii provedené Scherer et al. (2000), kdy byla srovnávána účinnost trenažéru Coach a vlastním sestrojeným trenažérem u osob s chronickou obstrukční plicní nemocí, jedinci trénovali celkem osm týdnů. V našem experimentu prováděli probandi trénink šest dní v každém týdnu. V prvním tréninkovém týdnu prováděli jedinci 90 dechových cyklů s IT, ve druhém a třetím týdnu 100 dechových cyklů. Přesnější popis tréninkového protokolu je obsažen v metodice této práce. Celkový počet dechových cyklů jsme zvolili s ohledem na již provedené studie a doporučení. Většina autorů prací a experimentů doporučuje 10 dechových cyklů za hodinu v době bdělého stavu, někteří uvádí 5 až 10 dechových cyklů. Časový údaj o provádění tréninku s IT byl uveden pouze ve studii, kterou provedli Gale, Sanders (1980), ti uvádějí 20 minut, a ve dvou studiích již výše zmíněných studií zkoumajících dlouhodobější vliv inspiračního tréninku. V experimentu provedené Schererem et al. (2000) byla doba tréninku dvakrát denně po dobu 15 minut pět dní v týdnu, Weiner et al. (1997) navrhli trénink jedenkrát denně po dobu 30 minut s minimálním počtem třiceti nádechů skrze trenažér. Při dýchání s IT může dojít k stavu hyperventilace jakožto nežádoucího vedlejšího účinku IS. Guimarães et al. (2009) uvádějí za hlavní příčiny hyperventilace stanovení nepřesné dávky tréninku či nedostatečné

supervize pacienta. Proto jsme probandy instruovali k provedení pauzy během tréninku s IT. Při výběru poloh pro dýchání je nutno mít na mysli, že při dýchání s Coach trenažérem je z důvodu jeho konstrukce nezbytné, aby trenažér směřoval kolmo k zemi. Oproti tomu, například trenažér Threshold IMT lze pro dýchání využít v jakékoliv poloze. My jsme pro trénink zvolili základní polohy, ve kterých lze trénink s trenažérem Coach provádět. Pro trénink byla zvolena poloha vestoje, poloha vsedě (doporučována v experimentu provedeném Sakalášem (2010)) a poloha vleže na boku. V poloze horizontálního sedu naměřil při dýchání s Coach trenažérem Sakaláš (2010) významnou aktivaci pomocných dechových svalů a menší aktivaci m. obliquus internus abdominis, což vysvětluje neustálým pohledem na trenažér kaudálním směrem s cílem kontroly průtoku, což pravděpodobně vedlo k mírné flexi hlavy, neboť předklon jest facilitován pohledem očí v kaudálním směru. Další nevýhodou této polohy při dýchání s trenažérem spatřujeme v nutnosti při dýchání v této poloze držet neustále trenažér v ruce, proto jsme polohu horizontálního sedu v našem experimentu nezvolili.

„Pro zlepšení respiračních parametrů nestačí fyzioterapie zaměřená pouze na respirační stereotyp, ale je třeba ji rozšířit o techniky spojené s posturální aktivitou bránice“ (Kolář, 2009, s. 258). Ovlivnění dechově posturální funkce bránice pomocí IT zmiňuje Sakaláš (2010), který doporučuje k nácviku dechově posturální funkce bránice polohu sedu. Domníváme se, že také korekce nastavení základní polohy (nastavení jednotlivých segmentů s důrazem na nastavení pánve, páteře, hlavy a opory chodidel), manuální facilitace dýchání v oblasti dolního hrudníku, umístění trenažeru tak, aby nedocházelo k předklonu či záklonu hlavy a aby nedocházelo k zapojení svalů šíje a horní končetiny z důvodu nutnosti držet trenažér v ruce, přispělo k jistému ovlivnění posturální funkce bránice a nejednalo se pouze o trénink její dechové funkce. To nám potvrzují také naše výsledky, neboť jak již bylo výše zmíněno, terapie zaměřená pouze na dechový stereotyp bez ovlivnění posturální aktivity bránice nemůže přinést zlepšení ventilačních parametrů. Téměř ve všech pracích je popis provádění nádechu skrze inspirační trenažér zcela bez manuálního kontaktu terapeuta. Instrukce pro provedení dýchání s IT zahrnuje pouze pomalý, hluboký a co nejdelší nádech s udržení konstantního průtoku (dle ukazatele na válci). Pouze dvě práce popisují manuální korekci během dýchání. Castro et al. (2003) srovnávali dosažený dechový objem při použití Coach IT standardní technikou a vlastním provedením, kdy manuálně stimulovali abdominální pohyb. V dosaženém dechovém objemu však nebyl rozdíl. Přesné místo manuálního kontaktu není

v práci definováno. Tomich et al. (2007) ve svém experimentu instruovali probandy, aby při dýchání směřovali nádech pod dlaně terapeuta, jež byly přiloženy v oblasti pod spodními žebry. V našem experimentu jsme instruovali probandy, aby se snažili při nádechu maximálně rozšířit oblast spodních žeber do stran a minimálně elevovali ramena. Slovní korekce byla opakovaně (při vstupním a kontrolních trénincích pod dohledem) manuálně podpořena. Stejně jako v experimentu Tomicha et al. (2007) jsme probandy instruovali, aby při dýchání směřovali nádech pod dlaně terapeuta. V naší práci jsme posturální funkci bránice a její ovlivnění pomocí tréninku netestovali, považujeme to však v dalších studiích za přínosné, aby bylo ověřeno do jaké míry je možno ovlivnit nácvik dechově posturální funkce pomocí IT.

Díky tréninku s IT jsme především očekávali snížení dechové práce při dýchání. Předpokládali jsme prohloubení dechu, tedy zvýšení dechového objemu spojeného se snížením dechové frekvence na stejné minutové ventilaci. Dále jsme předpokládali sníženou spotřebu kyslíku v submaximálních zátěžích díky koordinaci v zapojení bránice a dalších svalů a zároveň dosažení větší spotřeby kyslíku v maximální zátěži. Předpokládáme dosažení vyššího výkonu během dynamické zátěže díky zvýšení minutové ventilace v maximální zátěži.

Při spirometrickém vyšetření došlo u osob po třítýdenním tréninku k pozitivnímu ovlivnění FVC, statistickou významnost prokazuje parametr FVC před i po zátěži. FVC před zátěží se průměrně zvýšila o 0,19 litrů ($p=0,003$), FVC po zátěži se zvýšila průměrně o 0,15 litrů ($p=0,015$) při výstupním vyšetření oproti vyšetření vstupnímu. Zvýšení FEV1 před i po zátěži nedosáhlo statistické významnosti. U parametru FEV1/FVC před i po zátěži došlo ke zhoršení, které je statisticky významné (před zátěží $p=0,002$, po zátěži $p=0,023$). Jelikož však došlo ke zvýšení FVC i FEV1 před i po zátěži, možnou příčinu tohoto zhoršení shledáváme ve výraznějším zvýšení FVC a menším zvýšení FEV1. Parametr FEV1/FVC však stále splňuje referenční normu. Parametr PEF vykazoval rozdílné změny po třítýdenním tréninku. PEF před zátěží se zvýšil, PEF po zátěži klesnul. Statisticky významné ($p=0,037$) je však pouze snížení PEF po zátěži v průměru o 0,83 litrů/sekundu. Možným vysvětlením poklesu PEF je větší zatížení dechových svalů při kontrolním spirometrickém vyšetření provedeném po spiroergometrickém vyšetření, ve kterém probandi dosáhli vyššího výkonu, což poté mohlo ovlivnit pozátěžové hodnoty

PEF. Výzkumný soubor je však tak malý, že nelze tuto domněnku definitivně potvrdit. Žádný parametr u osob kontrolní skupiny neprokázal signifikantní změnu při výstupním spirometrickém vyšetření ve srovnání se vstupním vyšetřením.

Na submaximálních intenzitách zátěže došlo ke snížení dechové frekvence, v maximální zátěži došlo ke zvýšení dechové frekvence. Statisticky významné ($p=0,012$) však bylo pouze snížení dechové frekvence na střední intenzitě zátěže (2W/kg) průměrně o 4,80 dechů/minutu. K prohloubení dechu došlo na všech úrovních zatížení. Statistickou významnost prokazovalo zvýšení dechové objemu na úrovni intenzity 1W/kg ($p=0,006$) a na úrovni intenzity 2W/kg ($p=0,001$). Na nízké intenzitě (1W/kg) se dechový objem zvětšil průměrně o 259,40 mililitrů a na střední (2W/kg) průměrně o 379,10 mililitrů. Trénující jedinci byli schopni významně ($p=0,015$) zvýšit minutovou ventilaci v maximální zátěži, a to průměrně o 15,17 litrů. Při výstupním vyšetření došlo k signifikantnímu ($p=0,035$) posunu anaerobního prahu. Při vstupním vyšetření byl anaerobní práh průměrně při 35,00 ml/kg/min, při výstupním vyšetření průměrně při 37,00 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Spotřeba kyslíku se signifikantně zvýšila ($p=0,012$) na úrovni maxima průměrně o 2,13 ml/kg/min při výstupním vyšetření oproti vstupnímu vyšetření. Za významné považujeme zlepšení poměru maximální ventilace v maximální zátěži k predikované normě. Tento poměr se statisticky významně ($p=0,017$) zvětšil z původních 73,12% na 81,55%. Také se prokázalo dosažení vyšší zátěže ve watttech na kilogram hmotnosti. Došlo ke statisticky významnému ($p=0,012$) zvýšení maximálního výkonu průměrně o 0,14W/kg při výstupním vyšetření oproti vstupnímu. U žádného z parametrů, které byly statisticky významně ovlivněny u skupiny trénujících, nedošlo u kontrolní skupiny k pozitivní signifikantní změně hodnot při výstupním vyšetření oproti vstupnímu vyšetření.

K předpokládanému ovlivnění vnímání dušnosti dle Borgovy škály u trénujících osob při výstupním vyšetření oproti vstupnímu nedošlo. Signifikantní však bylo snížení vnímání intenzity zátěže dle Borga na intenzitě 1W/kg a 2W/kg. Signifikantní změnu snížení vnímání intenzity zátěže u kontrolní skupiny pozorujeme na intenzitě 2W/kg, změna však byla menší ve srovnání se skupinou trénujících osob.

Při analýze výsledků vyšetření pružnosti hrudníku jsme zjistili signifikantní ($p=0,006$) rozdíl mezi výstupním a vstupním vyšetřením u osob, které trénovaly s IT. Pružnost hrudníku se zvýšila průměrně o 1,78 procentních bodů. U kontrolní skupiny při tomto vyšetření nedošlo k prokazatelné statisticky významné změně.

Jednalo se tedy o poměrně intenzivní třítydenní trénink s IT. Probandi uváděli, že zvolený trénink byl poměrně časově náročný, motivací však pro většinu z nich byla progresse dosažených objemů na trenažéru. Arbuthnot (1988) udává, že vypožorovala projevy radosti pacientů z vizuálního ukazatele denního pokroku. Po ukončení třítydenního tréninku měli jedinci zaznačit na škále od 0 do 10 (0 = velice snadné; 10 = velice obtížné) obtížnost dodržování třídeního tréninku. Průměrná hodnota uváděná probandy byla 6,40. Přínosné by bylo zkoumat, jaká celková doba trvání a jaká intenzita tréninku je nutná, aby došlo k ovlivnění ventilačních parametrů.

Nevýhodu tohoto trenažéru spatřujeme v tom, že je inspirium prováděno ústy. Díky tomu se sice sníží odpory dýchacích cest, což má za následek snížení dechové práce, avšak při inspiriu ústy není vdechovaný vzduch fyziologicky upraven (očištěn, zvlhčen) pro vstup do alveolů.

Jedná se o první experiment zaměřený na vliv IT na výměnu dýchacích plynů v zátěži. Nám se podařilo díky kontinuálnímu třítydennímu tréninku ovlivnit některé ventilační parametry jak v klidu, tak v zátěži. Výzkumný soubor by bylo vhodné rozšířit. Možnost využití tohoto trenažéru v ovlivnění ventilačních parametrů sledujeme u osob, kdy selhává schopnost zvýšit ventilaci během dynamické zátěže, poměr ventilace v maximální zátěži k normě, jež je vypočtená z parametrů klidového spirometrického vyšetření, je u těchto osob nízký. Snížená schopnost zvýšit ventilaci během dynamické zátěže je limitujícím činitelem k dosažení většího výkonu. Díky našemu zvolenému tréninku došlo ke statisticky významnému zvýšení minutové ventilace v maximální zátěži a pravděpodobně díky tomu i k dosažení většího výkonu. Zajímavé by bylo zhodnotit efekt v ovlivnění dechového vzoru pomocí tréninku s tímto trenažérem při dynamické zátěži. Využití tohoto trenažéru v praxi sledujeme u osob, kdy se snažíme ovlivnit dechový stereotyp s cílem prohloubit a zpomalit dýchání, díky trenažéru je možno optimalizovat koordinaci průtoku a objemu v inspiriu. Do jaké míry je možno ovlivnit nácvik dechové posturální funkce pomocí IT je nutno zkoumat. Potvrzením aktivace posturální funkce při dýchání s IT mohou být změny hodnot některých ventilačních parametrů, které se nám podařilo během tréninku ovlivnit.

Zpětná vazba v podobě inspiračního trenažéru může být dobrou motivací k dlouhodobějšímu provádění tréninku.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo podat přehled používaných inspiračních trenažérů v klinické praxi a zhodnotit studie zabývající se dýcháním s volume oriented trenažéry. Inspirační trenažéry jsou v klinické praxi používány především v rámci preventivního a léčebného režimu v perioperační respirační péči, studie hodnotící jejich účinnost jsou nejednotné a není příliš důkazů o efektivnosti používání trenažérů. Bylo provedeno několik studií hodnotících mechaniku dýchání při použití IT, elektromyografické studie zkoumaly především zapojení pomocných dechových svalů, byly také provedeny studie zaměřené na technické vlastnosti trenažérů. Studie srovnávaly většinou dýchání s voIT a foIT či dýchání bez IT.

Hlavním cílem naší práce bylo zjistit, zda má třítydenní trénink s inspiračním dechovým trenažérem Coach2 vliv na parametry výměny dýchacích plynů v klidu a v zátěži u zdravých jedinců. K objektivizaci jsme použili spirometrické a spiroergometrické vyšetření. Do experimentu jsme zařadili kontrolní skupinu.

H₁: Dojde k pozitivnímu ovlivnění ventilačních parametrů při spirometrickém vyšetření u osob po třítydenním tréninku s IT.

Pomocí spirometrického vyšetření jsme prokázali statisticky významné zvýšení FVC před ($p=0,003$) a po zátěži ($p=0,015$). Statisticky významné snížení při výstupním vyšetření prokazuje FEV₁/FEV před ($p=0,002$) a po zátěži ($p=0,023$) a také parametr PEF po zátěži ($p=0,037$). Hypotézu H₁ jsme neprokázali.

H₂: Dojde k pozitivnímu ovlivnění ventilačních parametrů při spiroergometrickém vyšetření (na lehké zátěži, střední zátěži, na úrovni anaerobního prahu a v maximální zátěži) u osob po třítydenním tréninku s IT.

Došlo ke statisticky významnému snížení dechové frekvence na střední intenzitě zátěže - 2W/kg ($p=0,012$), zvýšení dechového na úrovni intenzity 1W/kg ($p=0,006$) a na úrovni intenzity 2W/kg průměrně ($p=0,001$), zvýšení minutové ventilace v maximální zátěži ($p=0,015$), zvýšení spotřeby kyslíku na úrovni anaerobního prahu ($p=0,035$) a na úrovni maxima ($p=0,012$) při výstupním vyšetření oproti vstupnímu vyšetření. Poměr maximální ventilace v maximální zátěži k predikované normě se také statisticky významně zvětšil ($p=0,017$). K pozitivnímu ovlivnění došlo u několika vybraných ventilačních parametrů. Hypotéza H₂ se potvrdila částečně.

H₃: Změny pozorované při spirometrickém a spiroergometrickém vyšetření a při vyšetření pružnosti hrudníku budou pozorovatelné pouze u osob trénujících s IT, u kontrolní skupiny tyto změny nepozorujeme.

Žádný parametr při výstupním spirometrickém vyšetření neprokázal u kontrolní skupiny signifikantní změnu. Pozorované změny parametrů při spiroergometrickém vyšetření u skupiny trénujících osob nejsou u kontrolní skupiny patrné. Tyto výsledky potvrzují naši hypotézu H₃.

Jednalo se o první experiment zkoumající ovlivnění ventilačních parametrů v dynamické zátěži po tréninku dýchání s voIT. Zkoumaný soubor byl poměrně malý, proto by bylo vhodné provést experiment na větším souboru osob.

REFERENČNÍ SEZNAM

ACN [online]. nevedeno [cit. 2011-04-16]. Voldyne 2500 ml. Dostupné z WWW:

<http://www.allergie-center.nl/product_info.php?cPath=158&products_id=759&osCsid=cff70f75d119fbd1dea58c8b1cbf825ba3>.

ACPRC: *Association of Chartered Physiotherapists in Respiratory Care* [online].

nevedeno [cit. 2010-12-17]. *Incentive spirometry*. Dostupné z WWW:

<http://www.acprc.org.uk/index.php?option=com_content&view=category&id=77&layout=blog&Itemid=164>.

AGOSTINI, Paula; SINGH, Sally. Incentive spirometry following thoracic

surgery: Incentive spirometry following thoracic surgery: Incentive spirometry following thoracic surgery: what should we be doing?. *Physiotherapy*. 2009, 95, 2, s. 76-82. ISSN 0031-9406.

Alergo house [online]. nevedeno [cit. 2011-04-16]. Incentivador inspiratório a volume

Voldyne - pediátrico. Dostupné z WWW: <http://www.alergohouse.com.br/loja/produtos_descricao.asp?lang=pt_br&codigo_produto=727>.

ANONYMOUS. *Coach 2: Instructions for use*. Smiths Medical, nevedeno. 2 s.

ARBUTHNOT, Anne. The Coach incentive spirometry. *Physiotherapy*. 1988, 74, 1, s. 36. ISSN 0031-9406.

BASTIN, Régine; MORAINÉ, Jean-Jacques; BARDOCKY, Gizella; KAHN, Robert-

Jean; MÉLOT, Christian. Incentive spirometry performance. A reliable indicator of pulmonary function in the early postoperative period after lobectomy?. *Chest*. 1997, 111, s. 559-563. ISSN 0012-3692.

BOLINA, I.C.; COELHO, R.M.R.; TORRES, M.M.C.; ANDRADE, A.F.D.;

RODRIGUES-MACHADO, M.G.. Effect of flow and volume-oriented incentive spirometry on diaphragmatic and scalenus muscles activation. *European Respiratory Journal: Supplement*. 2002, 20, s. 180. ISSN 0904-1850.

BURIÁNOVÁ, Kateřina; ZDAŘILOVÁ, Eva; VAŘEKOVÁ, Renata; VAŘEKA, Ivan.

Ovlivnění dýchání pomocí THRESHOLD PEP a THRESHOLD IMT. In *Sborník*

abstraktů - 1. absolventská konference Katedry fyzioterapie Fakulty tělesné kultury.
Univerzita Palackého, 2006. s. 35-38. ISBN 80-244-1369-8.

Cardinal Health [online]. nevedeno [cit. 2011-04-16]. AirLife® Volumetric Incentive Spirometers. Dostupné z WWW: <
http://www.cardinalhealth.com/us/en/distributedproducts/ASP/001905A.asp?cat=med_surg&mfr=Cardinal%20Health%20Respiratory%20Care>.

Carestream Medical [online]. nevedeno [cit. 2011-04-16]. Incentive Spirometers. Dostupné z WWW: <
http://www.carestreammedical.com/?page_id=58>.

CASTRO, A. A. M.; COGLIATI, L.; FERNANDES, M.; FELTRIM, M.I.Z.. Study of the effect of incentive spirometry in volumes, respiratory times and toracoabdominal movement in healthy subjects : Respiratory measurements: sounds and exhaled markers. In *European Respiratory Society* [online]. 2003 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW: <
<http://www.ers-education.org/pages/default.aspx?id=335&idBrowse=23219&det=1>>.

ČÁPOVÁ, Jarmila. *Terapeutický koncept "Bazální programy a podprogramy"*. Ostrava : Repronis, 2008. Dechová mechanika v rámci bazálních programů, s. 54-63. ISBN 978-80-7329-180-8.

ČUMPELÍK, Jiří; Věle, F.; VEVERKOVÁ, M.; STRNAD, P.; KROBOT, A.. Vztah mezi dechovými pohyby a držení těla. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2006, 13, 2, s. 62-70. ISSN 1211-2658.

DE ANDRADE, A.D.; SILVA, T.N.; VASCONCELOS, H.; MARCELINO, M.; RODRIGUES-MACHADO, M.G.; FILHO, V.C.; MORAES, N.H.; MARINHO, P.E.; AMORIM, C.F.. Inspiratory muscular activation during threshold therapy in elderly healthy and patients with COPD. *Journal of electromyography and kinesiology*. 2005, 15, 6, s. 631-639. ISSN 1050-6411.

DEAN, Elizabeth. Effect of body position on pulmonary function. *Physical therapy*. 1985, 65, 5, s. 613-618. ISSN 0031-9023.

DOHI, Shuji; GOLD, Martin. Comparison of two methods of postoperative respiratory care. *Chest*. 1978, 73, 5, s. 592-595. ISSN 0012-3692.

- DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. Praha : Grada, 2009. Dýchací systém, s. 341-354. ISBN 978-80-247-3240-4.
- Espace Medical* [online]. 2007 [cit. 2011-04-16]. TRIFLO II. Dostupné z WWW: <http://www.espacemedical.fr/vente/product_info.php/triflo-ii-exerciseur-respiratoire-471030-p-504>.
- Fysiomed* [online]. nevedeno [cit. 2011-04-16]. Threshold IMT. Dostupné z WWW: <<http://www.fysiomed.com/en/products/27531-threshold-imt>>.
- GALE, G.D.; SANDERS, D.E. Incentive spirometry: its value after cardiac surgery. *Canadian Anaesthetists' Society journal*. 1980, 27, 5, s. 475-480. ISSN 0008-2856.
- GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie*. Praha : Galén, 2005. Dýchání, s. 647-700. ISBN 80-7262-311-7.
- GEDDES, E.L.; REED, W.D.; BROOKS, D.; CROWE, J.; O'BRIEN, K.. A Primer on Inspiratory Muscle Trainers. *Buyers Guide for the European Respiratory Society*. Lausanne, Switzerland : European Respiratory Society, 2006.
- GUIMARÃES, M.M.F.; SMITH, A.F.; EL DIB R.P.; MATOS, D. Incentive spirometry for prevention of postoperative Incentive spirometry for prevention of postoperative. *The Cochrane Library*. 2009, 4, s. 1-27. ISSN 1465-1858.
- HALADOVÁ, Eva; NECHVÁTALOVÁ, Ludmila. Vyšetřovací metody hybného systému. Brno : Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických, 2003. Obvodové rozměry, s. 26-28. ISBN 80-7013-393-7.
- HILLING, Lcma; BAKOW, Eric; FINK, Jim; KELLY, Chris; SOHUSH, Dennis; SOUTHORN, Peter A.. AARC Clinical practice guideline - Incentive Spirometry. *Respiratory Care*. 2001, 36, 12, s. 1402-1405. ISSN 0020-1324.
- HIRSCHHORN, Andrew D.; RICHARDS, David; MUNGOVAN, Sean F.; MORRIS, Norman R.; ADAMS, Lewis. Supervised moderate intensity exercise improves distance walked at hospital discharge following coronary artery bypass graft surgery--a randomised controlled trial. *Heart, Lung and Circulation*. 2008, 17, 2, s. 129-138. ISSN 1443-9506
- HO, Shu-Chuan; CHIANG, Ling-Ling; CHENG, Hang-Fang; LIN, Huei-Chen; SHENG, De-Fang; KUO, Han-Pin; LIN, Hornq-Chyuan. The effect of incentive spirometry

- on chest expansion and breathing work in patients with chronic obstructive airway diseases: comparison of two methods. *Chang Gung medical journal*. 2000, 23, 2, s. 73-79. ISSN 2072-0939.
- HSU, Lewis L.; BATTS, Brenda K.; RAU, Joseph L.. Positive expiratory pressure device acceptance by hospitalized children with sickle cell disease is comparable to incentive spirometry. *Respiratory Care*. 2005, 50, 5, s. 624-627. ISSN 0020-1324.
- CHUTER, T.A.; WEISSMAN, C.; STARKER, P.M.; GUMP, F.E.. Effect of incentive spirometry on diaphragmatic function after surgery. *Surgery*. 1989, 105, 4, s. 488-493. ISSN 0039-6060.
- JANČÍK, Jiří; DOBŠÁK, Petr; SVACINOVÁ, Hana; SIEGELOVÁ, Jarmila; PLACHETA, Zdeněk. Zátěžová vyšetření u nemocných s chronickým srdečním selháním. *Kardiologická revue*. 2002, 3, s. 175-179. ISSN 1212-4540
- KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha : Galén, 2009. Postupy respirační fyzioterapie s využitím posturálních funkcí bránice, s. 252-255. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KOLÁŘ, Pavel. Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů - diagnostika. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2006, 13, 4, s. 155-170. ISSN 1211-2658.
- LEWIT, Karel. *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně*. Praha : Sdělovací technika, 2003. Vyšetřování koordinace - motorických stereotypů, s. 139-142. ISBN 80-86645-04-5.
- Linde gas* [online]. nevedeno [cit. 2011-03-02]. Threshold® nádechový a výdechový rehabilitační ventil. Dostupné z WWW: <[http://www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/like35lgcz.nsf/repositorybyalias/pdf_threshold/\\$file/Threshold-nadechovy_a_vydechovy_ventil.pdf](http://www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/like35lgcz.nsf/repositorybyalias/pdf_threshold/$file/Threshold-nadechovy_a_vydechovy_ventil.pdf)>.
- MÁČEK, Miloš; RADVANSKÝ, Jiří. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha : Galén, 2011a. Fyziologie tělesné zátěže, s. 1-21. ISBN 978-80-7262-695-3.
- MÁČEK, Miloš; RADVANSKÝ, Jiří. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha : Galén, 2011b. Zdravotní péče o sportovce, s. 35-76. ISBN 978-80-7262-695-3.

- MÁČEK, Miloš; SMOLÍKOVÁ, Libuše. *Fyzioterapie a pohybová léčba u chronické obstrukční plicní choroby*. Praha : Vltavín, 2002a. Dechová průprava a CHOPN, s. 74-83. ISBN 8086587-00-2.
- MÁČEK, Miloš; SMOLÍKOVÁ, Libuše. *Fyzioterapie a pohybová léčba u chronické obstrukční plicní choroby*. Praha : Vltavín, 2002b. Význam zvýšené tělesné zdatnosti pro prevenci a léčení chronických plicních chorob, s. 26-62. ISBN 8086587-00-2.
- MÁČEK, Miloš; SMOLÍKOVÁ, Libuše. *Fyzioterapie a pohybová léčba u chronické obstrukční plicní choroby*. Praha : Vltavín, 2002c. Vliv tělesné zátěže na dýchání u osob trpících chronickým onemocněním plic, s. 10-25. ISBN 8086587-00-2.
- MÁČEK, Miloš; SMOLÍKOVÁ, Libuše. *Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace*. Brno : NCONZO, 2010. Vliv poloh na dýchání, s. 52-55. ISBN 8086587-00-2.
- MANG, H.; OBERMAYER, T.; WEINDLER, J.. Comparison of inspiratory work of breathing through six different spirometers. *Respiratory care*. 1988, 33, s. 958-964. ISSN 0020-1324.
- MANG, H.; WEINDLER, J.; ZAPF, Ch.L. Postoperative atemtherapie mit incentive spirometry. *Anaesthesist*. 1989, 38, s. 200-205. ISSN 0003-2417.
- MARTINÍK, Karel. *Prof. MUDr. Karel Martiník DrSc. - Informace pro mé kolegy, studenty a pacienty* [online]. 2007 [cit. 2011-02-14]. Funkční vyšetření dýchacího systému. Dostupné z WWW: <<http://www.profmartinik.cz/wp-content/soubory/fvmvhp-1funkcvysdychsyst.pdf>>.
- MATTE, Pascal; JACQUET, L.; VAN DYCK, M.; GOENEN, M.. Effects of conventional physiotherapy, continuous positive. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. 2000, 44, s. 75-81. ISSN 0001-5172.
- MCARDLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L. *Exercise Physiology - Energy, Nutrition and Human Performance*. Baltimore : Lippincott, Williams & Wilkins , 2007. Pulmonary structure and function, s. 259-276. ISBN 9780781749909.
- MUELLER, R.L. Hygienic aspects of postoperative respiratory therapy with incentive spirometry. *Forum Städte Hygiene*. 1994, 45, s. 109-116. ISSN 0342-202X.

- OROZCO-LEVI, M.; GEA, J.; MONELLS, J.; ARAN, X.; AGUAR, M.C.;
BROQUETAS, J.M.. Activity of latissimus dorsi muscle during inspiratory
threshold loads. *The European respiratory journal*. 1995, 8, 3, s. 441-445. ISSN
0903-1936.
- PALATKA, Kamil. Funkční vyšetření plic a jeho klinický význam. *Lékařské listy:
odborná příloha Zdravotnických novin*. 2006, 13, s. 22-25.
- PALEČEK, František. *Patofyziologie dýchání*. Praha : Akademia, 1999. 402 s. ISBN 80-
200-0723-7.
- PAPPACHEN, Stephen; SMITH, Peter R.; SHAH, Siddharth; BRITO, Veronica; BADER,
Fayez; SAHAY, Bhaskar; JANI, Ketan; BERGMAN, Michael; GAL, David.
Decline in vital capacity and the risk for postoperative pulmonary complications
after abdominal surgery for non-malignant gynecologic disorders. *Chest :
supplement*. 2003, 124, 4, s. 163. ISSN 0012-3692.
- PARREIRA, V. F.; COELHO, E. M.; TOMICH, G. M.; ALVIM, A. M. A.; SAMPAIO, R.
F.; BRITTO, R. R.. Assessment of tidal volume and thoracoabdominal motion
using volume and flow-oriented incentive spirometers in healthy subjects: influence
of body position. *Revista brasileira de fisioterapia*. 2004, 8, 1, s. 45-51. ISSN 1413-
3555.
- PARREIRA, V.F.; TOMICH, G.M.; BRITTO, R.R.; SAMPAIO, R.F.. Assessment of tidal
volume and thoracoabdominal motion using volume and flow-oriented incentive
spirometers in healthy subjects.. *Brazilian journal of medical and biological
research*. 2005, 38, 7, s. 1105-1112. ISSN 0100-879X.
- Philips Respironics* [online]. nevedeno [cit. 2011-04-16]. Pflex®Inspiratory Muscle
Trainer. Dostupné z WWW: <<http://pflex.respironics.com/>>.
- PLACHETA, Zdeněk. *Zátěžové vyšetření a pohybová léčba ve vnitřním lékařství*. Brno :
Masarykova univerzita, 2001. Metodika zátěžových vyšetření, s. 37-112. ISBN 80-
210-2614-6.
- PULLEN, Richard L. Teaching bedside incentive spirometry. *Nursing*. 2003, 33, 8, s. 24.
ISSN 0360-4039.

- RADVANSKÝ, Jiří. Porozumění základům spiroergometrie. *Medicína po promoci*. 2007, 8, 2, s. 6-16. ISSN 1212-9445.
- RADVANSKÝ, Jiří. *Sportovní medicína*. Praha : Grada, 1999. Funkční zátěžová diagnostika, s. 165-174. ISBN 80-7169-725-7.
- RADVANSKÝ, Jiří; MATOUŠ, Miloš. Zátěžové testování dětí a adolescentů - hlavní sledované parametry a specifika. *Medicina sportiva Bohemica et Slovaca*. 1999a, 8, 1, s. 2-6. ISSN 1212-4540.
- RADVANSKÝ, Jiří; MATOUŠ, Miloš. Zátěžové testování dětí a adolescentů - nejčastěji používané odvozené parametry. *Medicina sportiva Bohemica et Slovaca*. 1999b, 8, 2, s. 40-43. ISSN 1212-4540.
- RAFEA, Aly; WAGIH, Khaled; AMIN, Hasan; EL-SABAGH, Rokia; YOUSEF, Samia. Flow-oriented incentive spirometer versus volume-oriented spirometer training in management of pulmonary complications after upper abdominal surgery. *Egyptian Journal of Bronchology*. 2009, 3, 2, s. 110-118. ISSN 1687-8426.
- ROMANINI, Walmir; MULLER, Andrea Pires; TEIXEIRA DE CARVALHO, Katherine Athayde; OLANDOSKI, Marcia; ROCHA FARIA-NETO, José; MENDES, Felipe Luiz; SARDETTO, Evandro Antonio; DA COSTA, Francisco Diniz Afonso; GUARITA-SOUZA, Luiz César. The effects of intermittent positive pressure and incentive spirometry in the postoperative of myocardial revascularization. *Arquivos brasileiros de cardiologia*. 2007, 89, 2, s. 94-99. ISSN 0066-782X.
- SAKALÁŠ, Radovan. Vplyv inspiračného trenažéra a posturálneho zaťaženia na aktivitu dýchacích svalov. Praha, 2010. 79 s. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
- SATINSKÁ, Jana. *Funkční vyšetření plic*. Praha : GEUM, 2004. Spirometrie, křivka průtok - objem, s. 13-23. ISBN 80-86256-38-3.
- SCHERER, Thomas A.; SPENGLER, Christina M.; OWASSAPIAN, Dominik; IMHOF, Edelbert; BOUTELLIER, Urs. Respiratory muscle endurance training in chronic obstructive pulmonary disease: impact on exercise capacity, dyspnea, and quality of life. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2000, 162, 5, s. 1709-1714. ISSN 1073-449X.

- Sierra Biotechnology Company* [online]. nevedeno [cit. 2010-12-17]. Inspiratory muscle training. Dostupné z WWW: <http://www.sierrabiotech.com/bt_copd_int.html>.
- SKALKA, Pavel. Možnosti léčebné rehabilitace v léčbě močové inkontinence. *Urologie pro praxi*. 2002, 3, s. 94-100. ISSN 1213-1768.
- SLAVÍKOVÁ, Jana. *Fyziologie dýchání*. Praha : Univerzita Karlova, 1992. 66 s. ISBN 80-7066-658-7.
- Smiths Medical* [online]. nevedeno [cit. 2010-12-17]. Coach2 and CliniFLO Incentive Spirometers. Dostupné z WWW: <<http://www.smiths-medical.com/landing-pages/promotions/smi/respiratory/coach-2.html>>.
- SMOLÍKOVÁ, Libuše. Inhalační léčba a inhalátory doma. *Pediatric pro praxi*. 2001, 2, 3, s. 129-133. ISSN 1213-0494.
- SMOLÍKOVÁ, Libuše. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha : Galén, 2009. Korekční fyzioterapie posturálního systému, s. 252-255. ISBN 978-80-7262-657-1.
- ŠULC, Jan. *Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha : ISV, 2000. Fyziologie dýchání, s. 84-104. ISBN 80-85866-45-5.
- ŠULC, Jan. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha : Galén, 2009. Funkční vyšetření plic, s. 555-562. ISBN 978-80-7262-657-1.
- TeleflexMedical* [online]. nevedeno [cit. 2010-12-17]. Incentive Spirometers. Dostupné z WWW: <http://www.hudsonrci.com/Products/product_indiv.asp?catalog=1&PageID=8&prod_cat=&prod_subcat=&keywords=incentive>.
- TOMICH, G.M.; FRANÇA, D.C.; DIÓRIO, A.C.; BRITTO, R.R.; SAMPAIO, R.F.; PARREIRA, V.F.. Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercises. *Brazilian journal of medical and biological research*. 2007, 40, 10, s. 1409-1417. ISSN 0100-879X.
- VÉLE, František . *Kineziologie : přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Praha : Triton, 2006. Dýchací pohyby, s. 227-239. ISBN 80-7254-837-9.

WATTIE, Jackie. Incentive spirometry following coronary artery bypass surgery.

Physiotherapy. 1998, 84, 10, s. 508-514. ISSN 0031-9406.

WEINDLER, Josef; KIEFER, Ralph-Thomas. The efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. *Chest*.

2001, 119, s. 1858-1864. ISSN 0012-3692.

WEINER, Paltiel; MAN, Abraham; WEINER, Margalit; RABNER, Marinella;

WAIZMAN, Joseph; MAGADLE, Rasmi; ZAMIR, Doron; GREIFF, Yoel. The effect of incentive spirometry and inspiratory muscle training on pulmonary function after lung resection. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*.

1997, 113, 3, s. 552-557. ISSN 0022-5223.

YAMAGUTI, Wellington Pereira dos Santos; SAKAMOTO, Eliana Takahama;

PANAZZOLO, Danilo; PEIXOTO, Corina da Cunha; CERRI, Giovanni Guido; ALBUQUERQUE, André Luis Pereira. Diaphragmatic mobility in healthy subjects

during incentive spirometry with a flow-oriented device and with a volume-

oriented device. *Jornal brasileiro de pneumologia*. 2010, 36, 6, s. 738-745. ISSN 1806-3713.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Charakteristika výzkumného souboru

Příloha č. 2: Grafické vyjádření parametrů, které byly statisticky významné; porovnání skupiny trénujících osob s kontrolní skupinou

Příloha č. 3: Hodnocení obtížnosti dodržování třítydenní tréninku

Příloha č. 4: Polohy, ve kterých probandi prováděli třítydenní trénink

Příloha č. 5: Inspirační trenažéry

PŘÍLOHA Č. 1

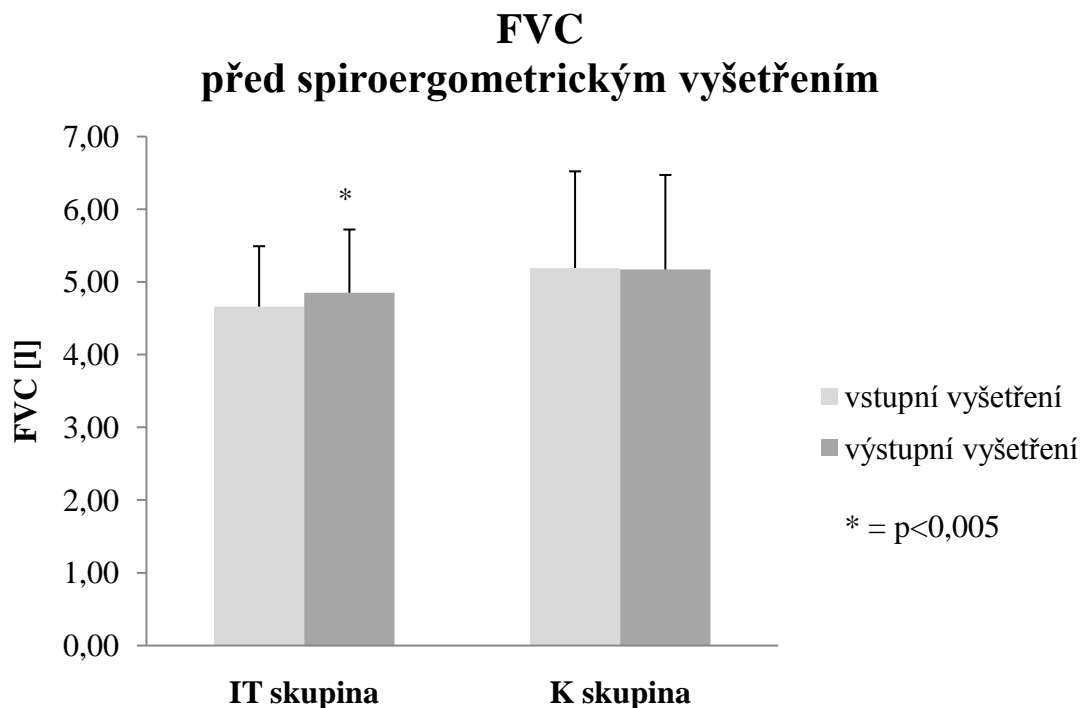
proband	pohlaví	věk	výška [cm]	váha [kg]	BMI [kg/m ²]
1	♀	20	164	58	21,6
2	♀	23	172	59	20
3	♀	20	163	57	21,45
4	♀	25	165	53	19,5
5	♀	30	155	56	23,3
6	♂	31	177	78	24,9
7	♂	25	185	75	21,9
8	♂	25	185	100	29,2
9	♂	29	187	78	22,3
10	♂	28	182	73	22,0
průměr		25,6	173,5	68,7	22,6

Tabulka 10. Charakteristika skupiny osob, které trénovaly s inspiračním trenažérem

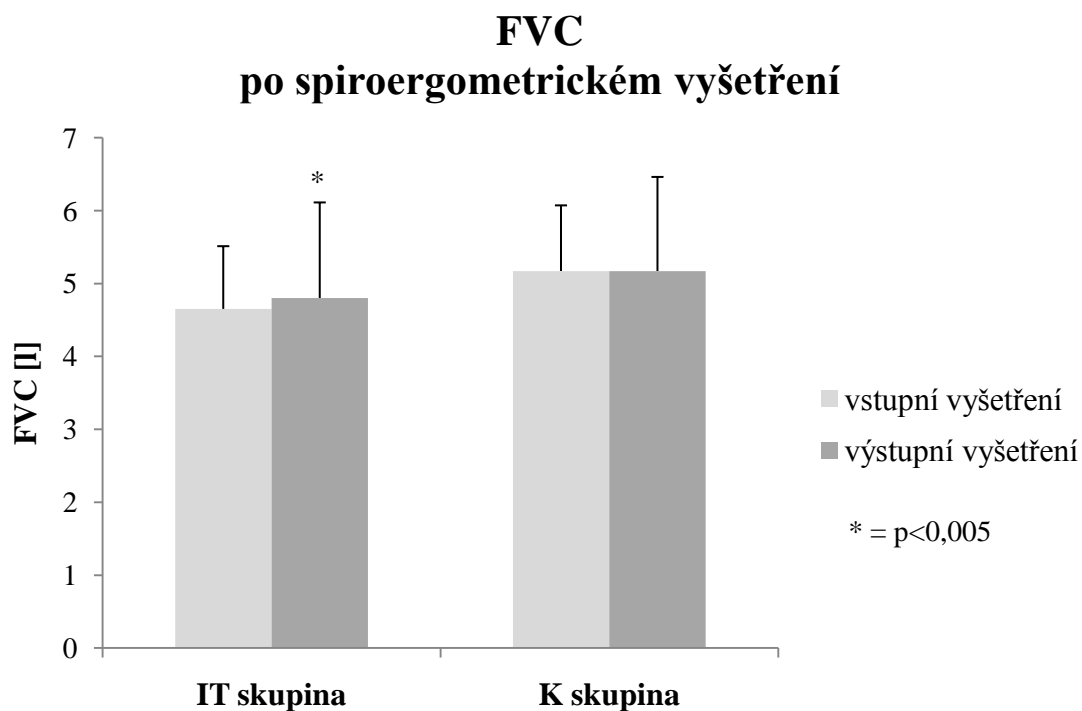
proband	pohlaví	věk	výška [cm]	váha [kg]	BMI [kg/m ²]
1	♀	22	173	67	22,4
2	♀	24	173	57	19,1
3	♀	25	167	63	22,6
4	♀	25	165	48	17,6
5	♂	25	182	73	22,0
6	♂	20	190	107	29,6
7	♂	26	184	80	23,6
8	♂	24	184	80	23,6
9	♂	23	180	89	27,5
průměr		23,8	177,6	73,8	23,1

Tabulka 11. Charakteristika kontrolní skupiny

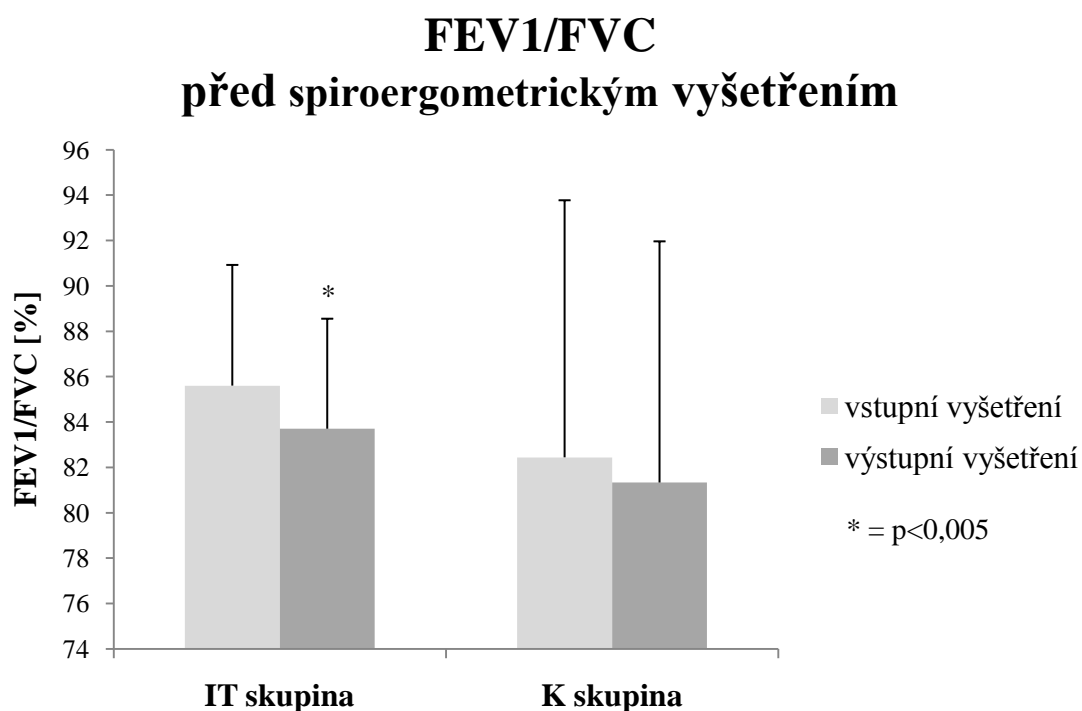
PŘÍLOHA Č. 2



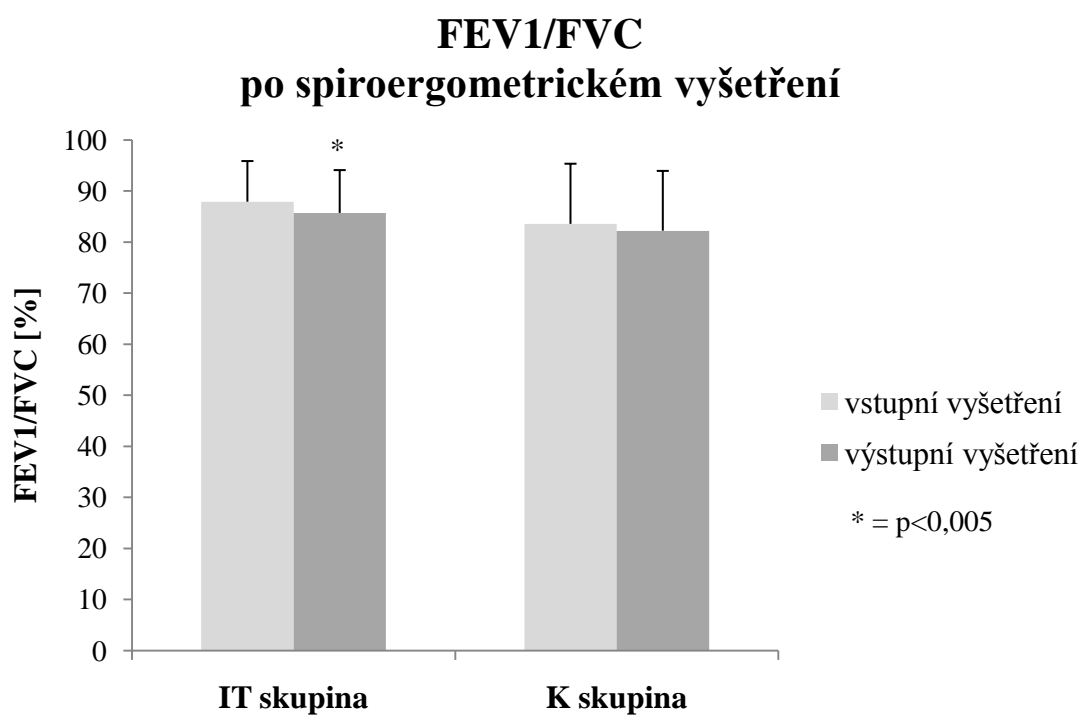
Obrázek 5. Grafické znázornění parametru FVC před zátěží u IT skupiny a K skupiny



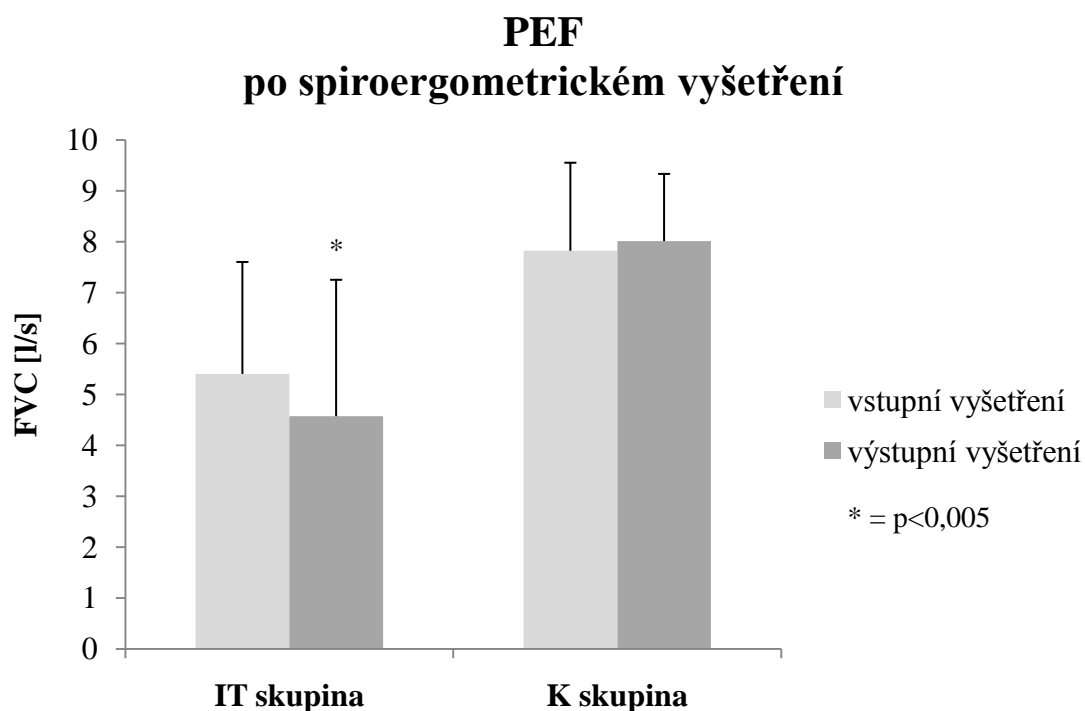
Obrázek 6. Grafické znázornění parametru FVC po zátěží u IT skupiny a K skupiny



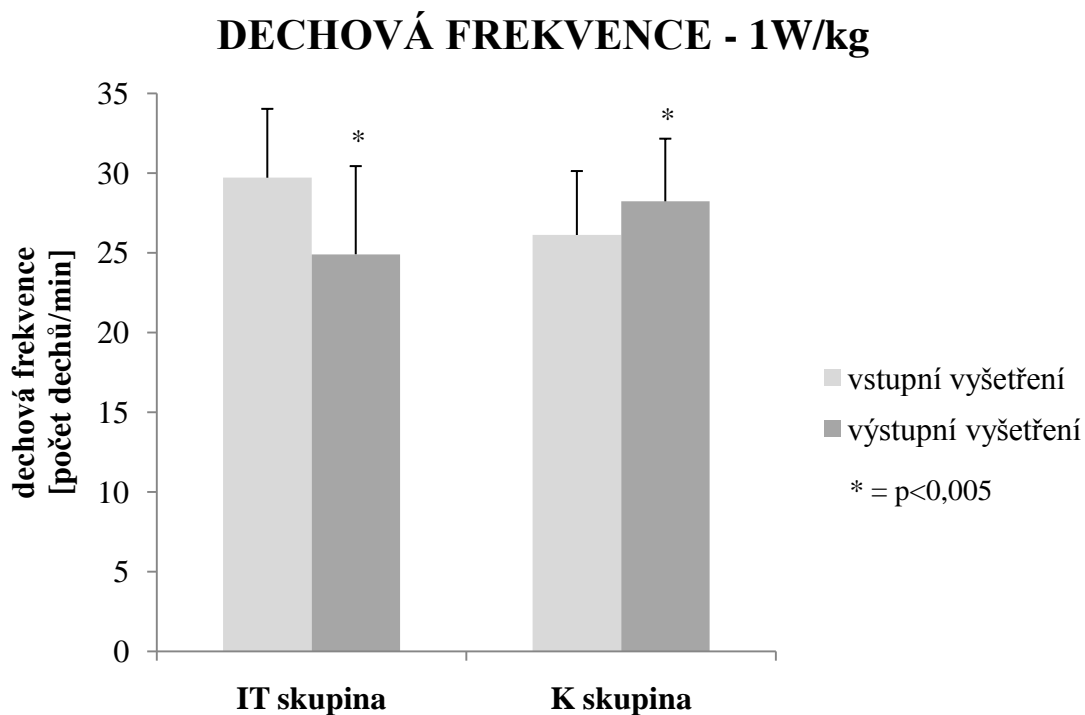
Obrázek 7. Grafické znázornění parametru FEV1/FVC před zátěží u IT skupiny a K skupiny



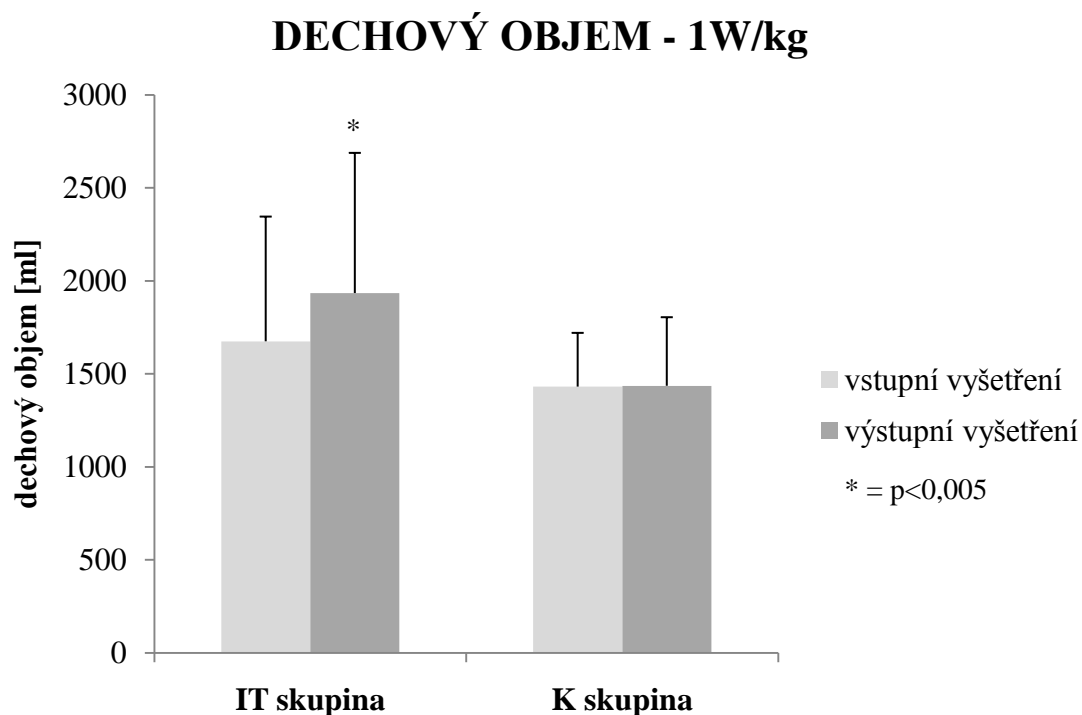
Obrázek 8. Grafické znázornění parametru FEV1/FVC po zátěži u IT skupiny a K skupiny



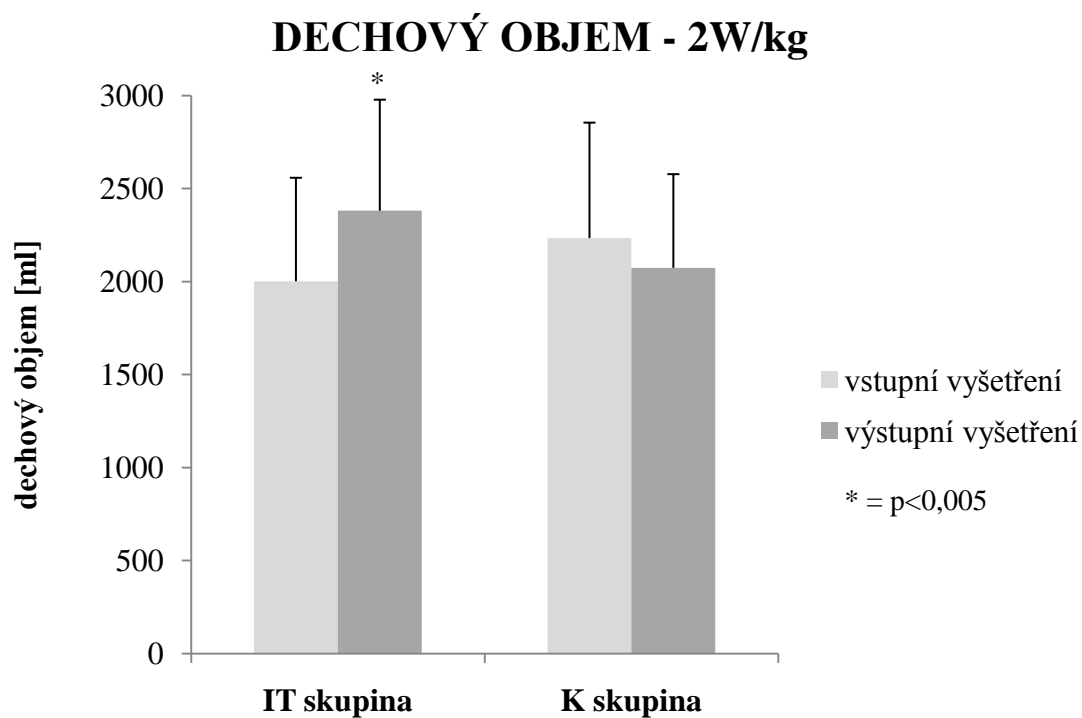
Obrázek 9. Grafické znázornění parametru PEF po zátěži u IT skupiny a K skupiny



Obrázek 10. Grafické znázornění dechové frekvence při intenzitě 1W/kg u IT skupiny a K skupiny

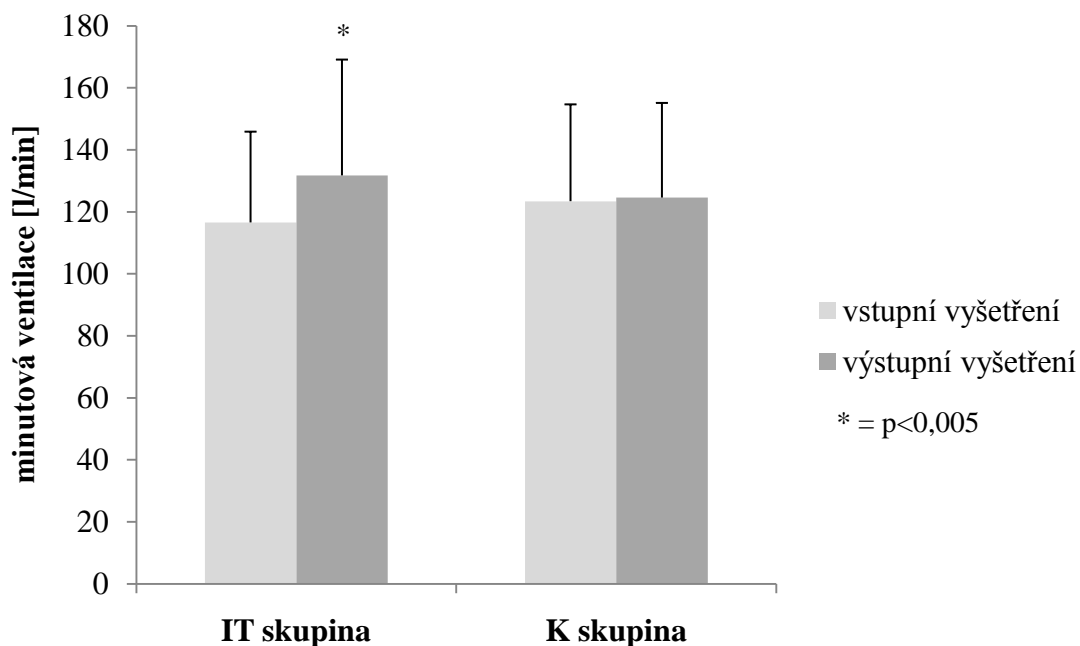


Obrázek 11. Grafické znázornění dechového objemu při intenzitě 1W/kg u IT skupiny a K skupiny



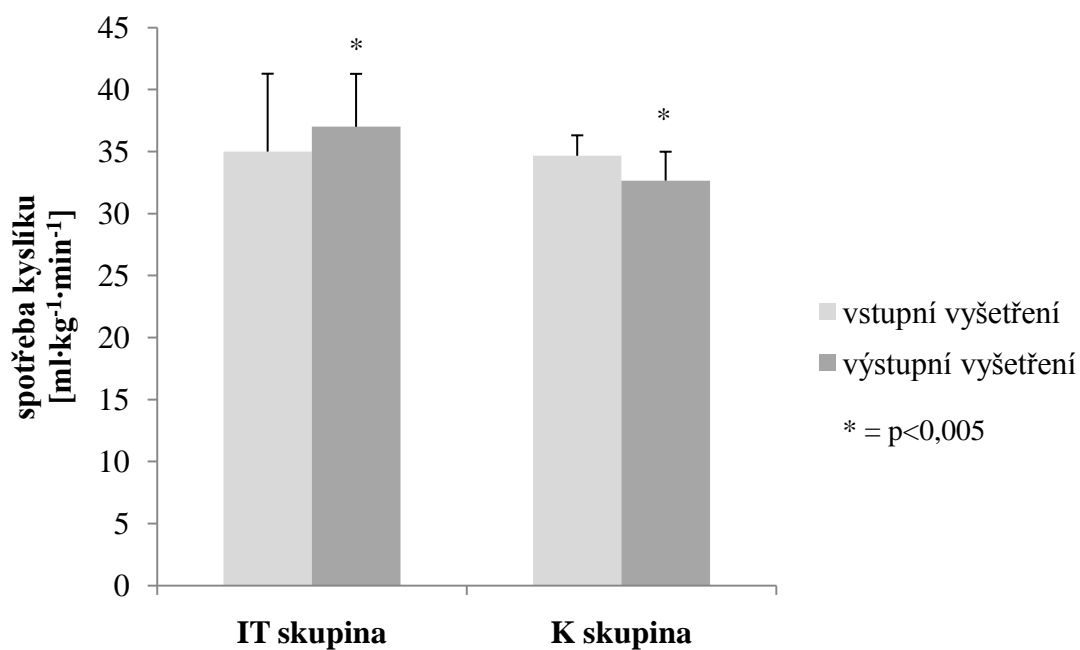
Obrázek 12. Grafické znázornění dechového objemu při intenzitě 2W/kg u IT skupiny a K skupiny

MAXIMÁLNÍ MINUTOVÁ VENTILACE



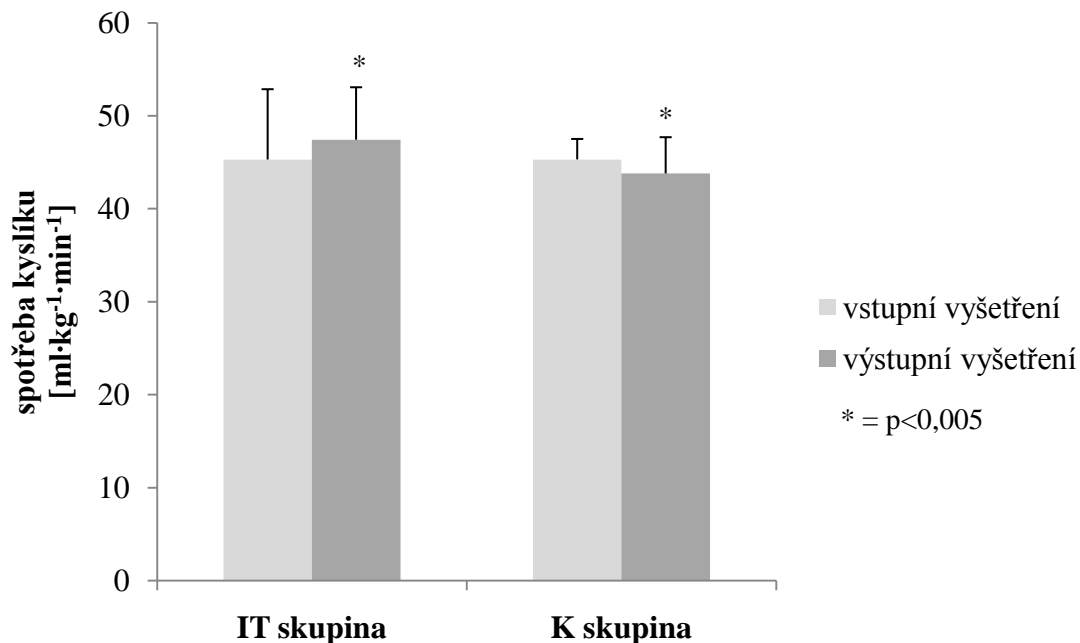
Obrázek 13. Grafické znázornění maximální minutové ventilace u IT skupiny a K skupiny

SPOTŘEBA KYSLÍKU - AT



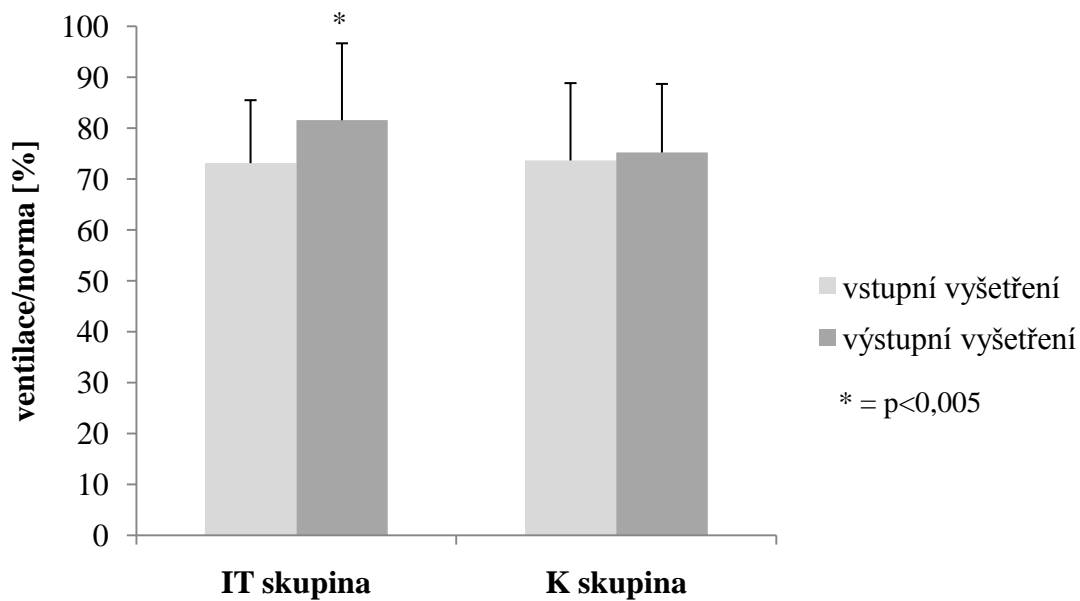
Obrázek 14. Grafické znázornění spotřeby kyslíku v úrovni anaerobního prahu u IT skupiny a K skupiny

MAXIMÁLNÍ SPOTŘEBA KYSLÍKU

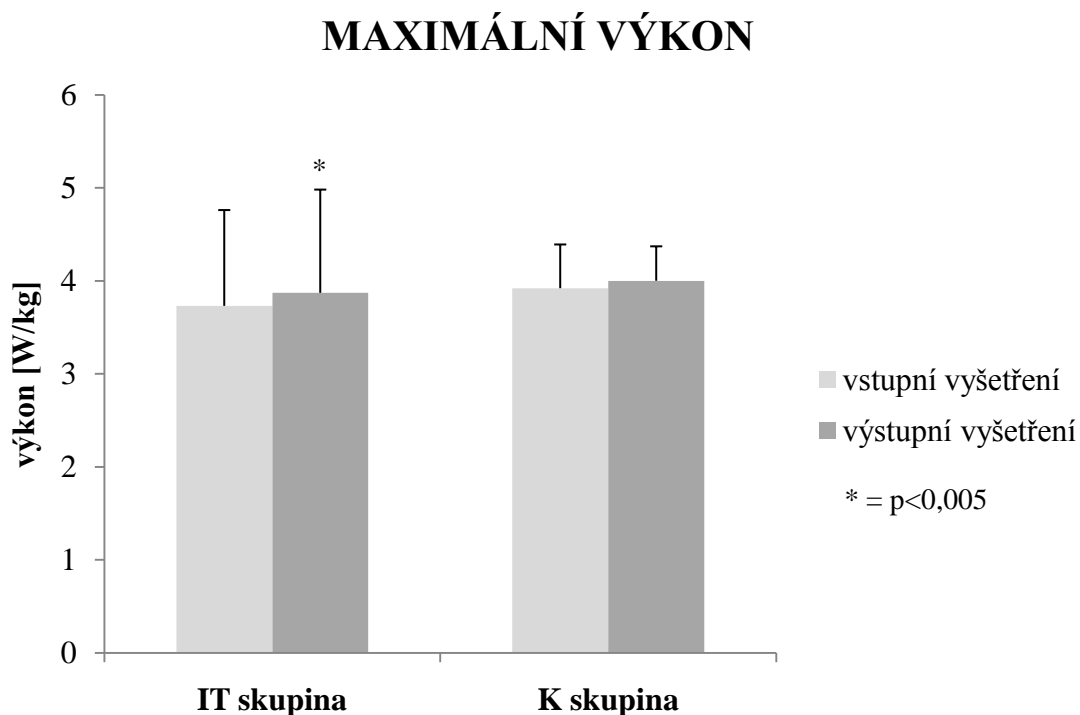


Obrázek 15. Grafické znázornění maximální spotřeby kyslíku u IT skupiny a K skupiny

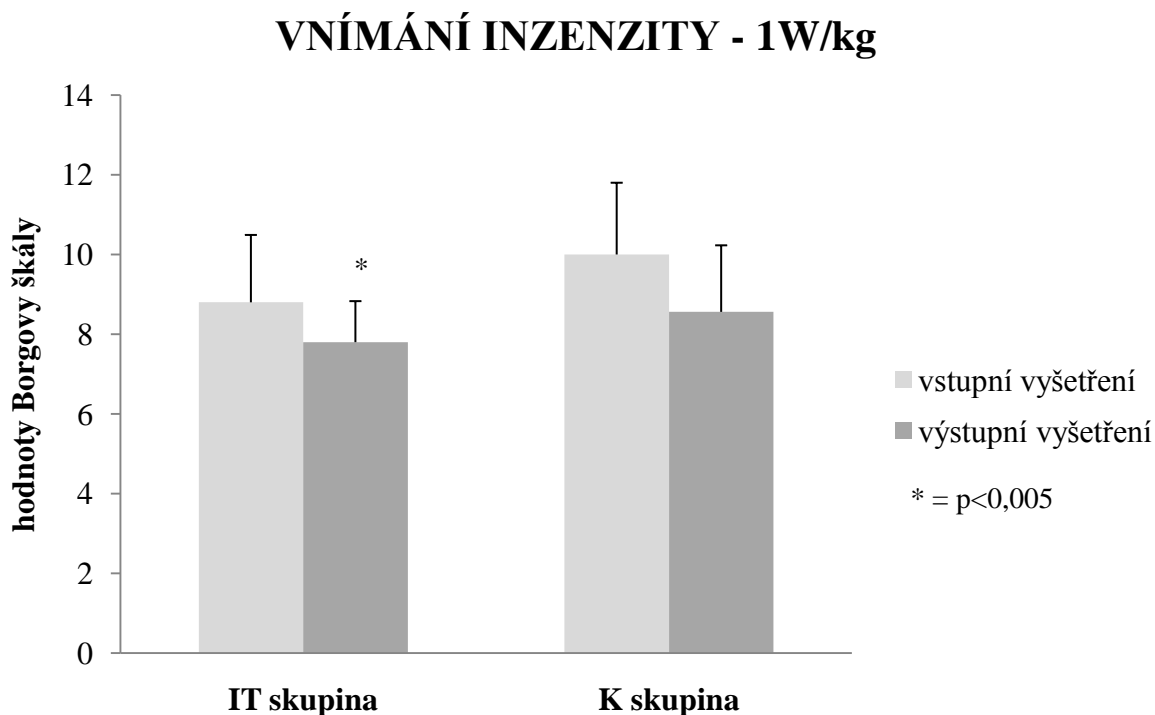
MAXIMÁLNÍ VENTILACE / PREDIKOVANÁ NORMA



Obrázek 16. Grafické znázornění maximální ventilace k predikované normě u IT skupiny a K skupiny

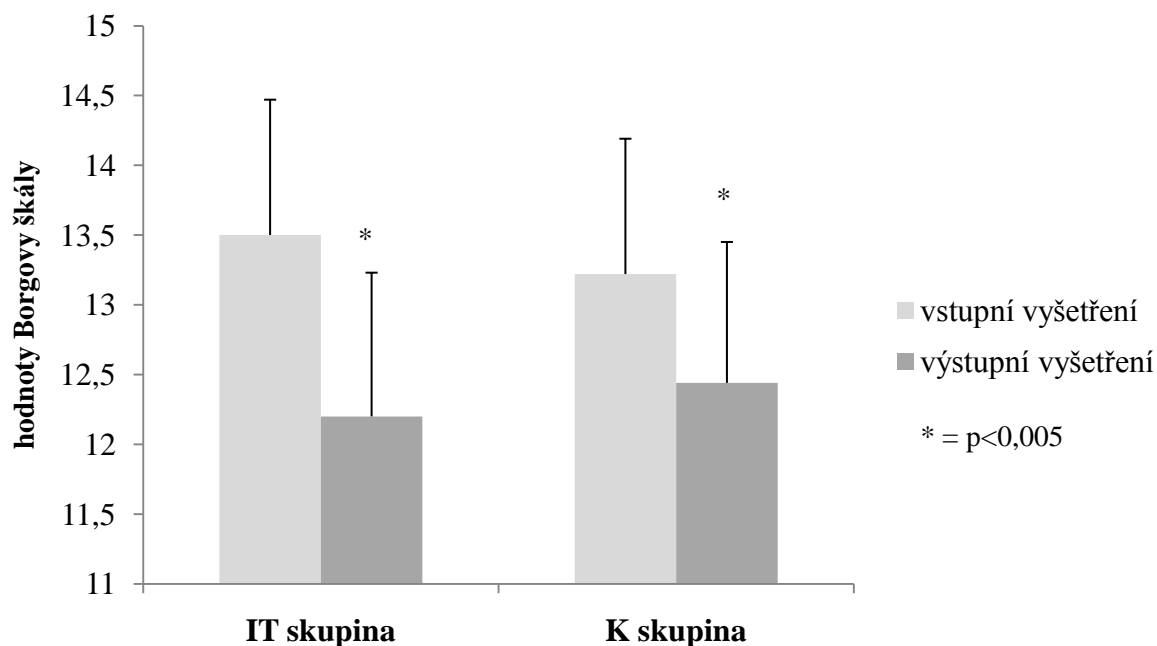


Obrázek 17. Grafické znázornění maximálního výkonu u IT skupiny a K skupiny



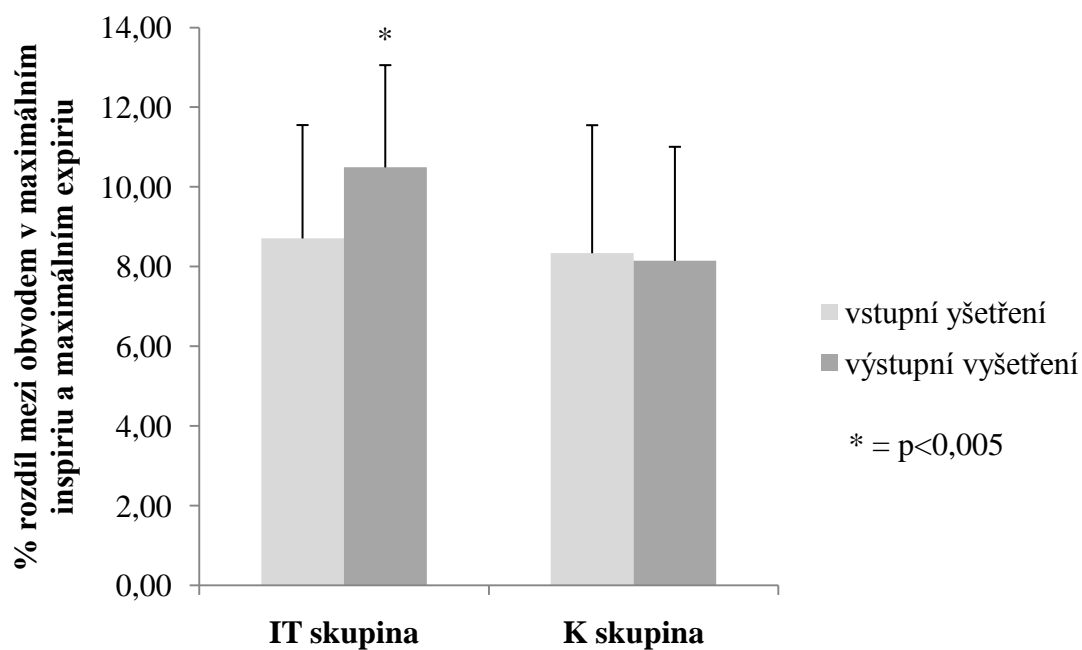
Obrázek 18. Grafické znázornění vnímání intenzity dle Borgovy škály při intenzitě 1W/kg u IT skupiny a K skupiny

VNÍMÁNÍ INZENZITY - 2W/kg



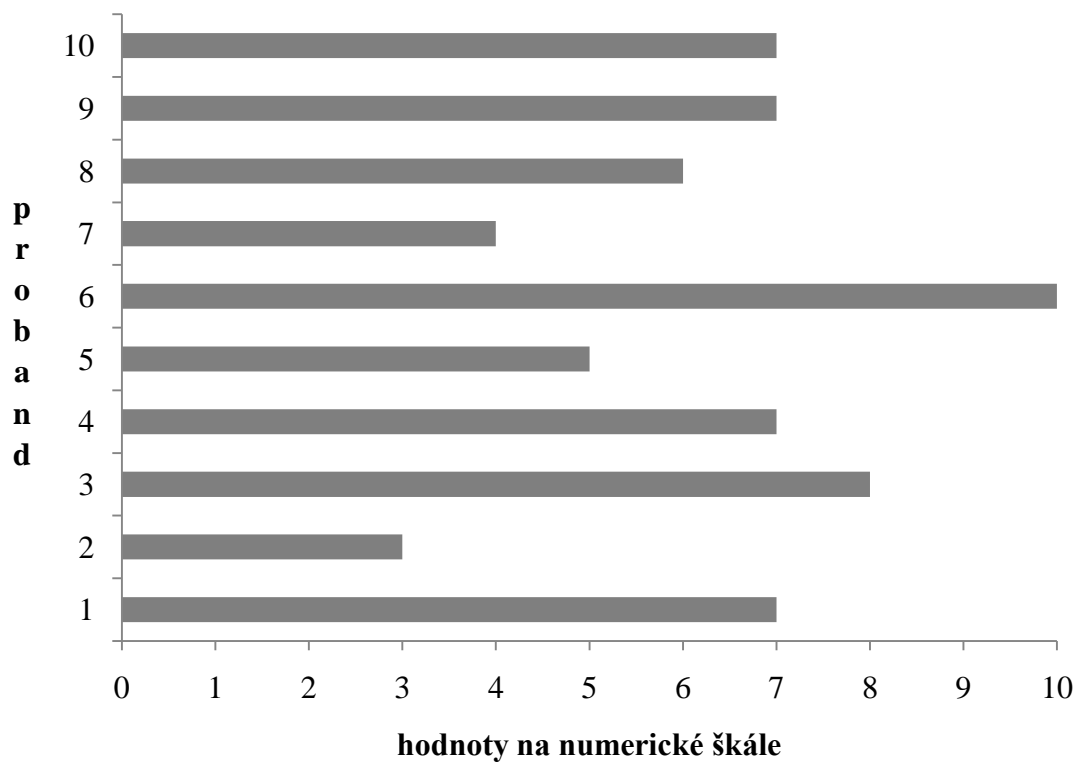
Obrázek 19. Grafické znázornění vnímání intenzity dle Borgovy škály při intenzitě 2W/kg u IT skupiny a K skupiny

PRUŽNOST HRUDNÍKU



Obrázek 20. Grafické znázornění hodnocení pružnosti hrudníku u skupiny osob trénujících s inspiračním trenažérem (IT skupina) a u kontrolní skupiny (K skupina)

PŘÍLOHA Č. 3

**HODNOCENÍ OBTÍŽNOSTI DODRŽOVÁNÍ
TŘÍTÝDENNÍHO TRÉNINKU**

Obrázek 21. Hodnocení obtížnosti dodržování třítydenního tréninku s inspiračním trenažérem u jednotlivých probandů trénujících s inspiračním trenažérem

PŘÍLOHA Č. 4

Obrázek 22. Poloha vleže na boku
(jedná se o ilustrativní fotografie; tento jedinec se tohoto experimentu neúčastnil)



Obrázek 23. Poloha vsedě



Obrázek 24. Poloha vestoje

PŘÍLOHA Č. 5

“volume oriented“ inspirační trenažéry

Obrázek 25. Voldyne (ACN, neuvědno)



Obrázek 26. Voldyne v dětském provedení (Alergo house, neuvědno)



Obrázek 27. Spiroball (Carestream Medical, neuvědno)



Obrázek 28. Airlife (Cardinal Health, neuvědno)

“flow oriented“ inspirační trenažéry**Obrázek 29. Triflo II** (Espace Medical, neuvědno)**Obrázek 30. Triball** (ACPRC, neuvědno)**Obrázek 31. CliniFlo** (Smiths Medical, neuvědno)



Obrázek 32. Mediflo (ACPRC, neuvedeno)



Obrázek 33. Mediciser (ACPRC, neuvedeno)

“inspiratory muscle trainers“

Obrázek 34. Threshold IMT (Fysiomed, neuvědno)



Obrázek 35. PFlex (Philips Respironics, neuvědno)