

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Bc. Anna Chmelařová

**Dynamika hrudníku u pacientů s CHOPN,
její ovlivnění pomocí POWERbreathe**

Diplomová práce

Praha 2018

Autor práce: **Bc. Anna Chmelařová**

Vedoucí práce: **doc. PaedDr. Libuše Smolíková, Ph.D.**

Konzultant práce: **Marek Lekeš, DiS.**

Oponent práce: **Mgr. Lenka Babková**

Datum obhajoby: **2018**

Bibliografický záznam

CHMELAŘOVÁ, Anna. *Dynamika hrudníku u pacientů s CHOPN, její ovlivnění pomocí POWERbreathe*. [Dynamics of thorax in patients with COPD, its influence through POWERbreathe]. Praha, 2018. 93 s. Diplomová práce (Mgr.). Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce Doc. PaedDr. Libuše Smolíková, Ph.D.

Abstrakt

Diplomová práce pojednává o chronické obstrukční plicní nemoci (CHOPN) a jejím vlivu na pohybový aparát, o transplantaci plic a plicní rehabilitaci. Dále se zabývá inspiračním trenažerem POWERbreathe, který je primárně využíván k posílení nádechového svalstva. Praktická část byla provedena jako randomizovaná kontrolní pilotní studie vedoucí k posouzení vlivu inspiračního trenažeru POWERbreathe na sílu nádechového svalstva, dynamiku hrudníku a vybrané plicní funkce. Cílem studie bylo zjistit výhody používání inspiračního trenažeru POWERbreathe pro pacienty s CHOPN v průběhu předtransplantační doby. Do studie bylo přizváno 18 pacientů CHOPN IV. stupně (6 žen a 12 mužů) s průměrným věkem 59.8 ± 5.53 let. Probandi byli rozděleni do dvou skupin, z nichž pouze jedna používala nádechový trenažer POWERbreathe. Hodnoceny byly plicní funkce (FEV1, VCin, FVC, PIF), síla nádechového svalstva (SIndex) a dynamika hrudníku (obvody hrudníku v mezosternální a xiphosternální oblasti při maximálním nádechu a výdechu a respirační amplitudy v těchto oblastech). Výsledky neprokázaly signifikantní meziskupinový rozdíl v síle nádechového svalstva. V rámci plicních funkcí byl tento rozdíl patrný u parametru FEV1 a dynamika hrudníku se signifikantně zvýšila do výdechu v mezosternální oblasti. Statisticky významný vnitroskupinový rozdíl byl u skupiny používající trenažer zaznamenán u 8 z 11 parametrů, u druhé skupiny u 2 z 11 parametrů.

Klíčová slova

Chronická obstrukční plicní nemoc, POWERbreathe, trénink nádechového svalstva, transplantace plic, plicní rehabilitace, respirační fyzioterapie

Abstract

This diploma thesis deals with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and its influence on the musculoskeletal system, lung transplantation and pulmonary rehabilitation. It discusses the role of POWERbreathe, a breathing training device, which is primarily used to strengthen the inspiratory muscles. The practical part was performed as a randomized control pilot study to assess the effect of POWERbreathe on the strength of the inspiratory muscles, the thorax dynamics and selected pulmonary function. The aim of the study is to determine the benefits of using the POWERbreathe for COPD patients during the pre-transplant period. In total, 18 patients with COPD IV. grade participated in the study (6 women and 12 men) with an average age of 59.8 ± 5.53 years. Probandes were divided into two groups, only one of which used a POWERbreathe. Pulmonary functions (FEV1, VCin, FVC, PIF), muscle strength (SIndex), and chest dynamics (chest disturbances in the mezosternal and xiphosternal region with maximum inspiration and exhalation and respiratory amplitudes in these areas) were evaluated. The results did not show a significant inter-group difference in the strength of the inspiratory muscles. Within pulmonary function, this difference was evident in the FEV1 parameter and the chest dynamics increased significantly in the exhalation in the mezosternal area. Statistically significant intragroup difference was observed in 8 of 11 parameters in the group using POWERbreathe, whereas in the second group the same effect was observed in 2 out of 11 parameters.

Keywords

Chronic obstructive pulmonary disease, POWERbreathe, inspiratory muscle training, lung transplantation, lung rehabilitation, respiratory physiotherapy

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením doc. PaedDr. Libuše Smolíkové, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 3. 5. 2018

Bc. Anna Chmelařová

Poděkování

Mé hlavní poděkování patří vedoucí diplomové práce doc. PaedDr. Libuši Smolíkové, Ph.D. za vedení, cenné poznámky, odborné připomínky a čas strávený s touto prací. Dále bych chtěla poděkovat fyzioterapeutovi Marku Lekešovi, DiS. za velkou pomoc s praktickou částí, četné konzultace a vloženou důvěru. Můj dík patří také Bc. Janu Vanišovi za statistické zpracování a analýzu dat.

OBSAH

ÚVOD.....	9
TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 CHRONICKÁ OBSTRUKČNÍ PLICNÍ NEMOC.....	11
1.1 EPIDEMIOLOGIE.....	11
1.2 PATOGENEZE.....	11
1.3 PATOFYZIOLOGIE.....	12
1.4 DYNAMIKA HRUDNÍKU.....	14
1.4.1 Elasticita plic.....	14
1.4.2 Elasticita hrudníku.....	15
1.4.3 Statické a dynamické odpory.....	15
1.4.4 Hrudník u CHOPN.....	15
1.5 POHYBOVÝ APARÁT.....	16
2 POWERBREATHE.....	19
2.1 TECHNICKÝ POPIS.....	19
2.2 MECHANIZMUS FUNKCE.....	20
2.3 MECHANIZMUS ÚČINKU.....	21
2.3.1 Působení na biologické úrovni.....	21
2.3.2 Působení na úrovni organismu.....	21
2.4 BIOMECHANIKA ODPOROVANÉHO NÁDECHU.....	22
2.5 TRÉNINK NÁDECHOVÉHO SVALSTVA.....	23
2.6 ÍNDIKACE A KONTRAINDIKACE.....	25
3 TRANSPLANTACE PLIC.....	26
3.1 HISTORIE.....	26
3.2 SELEKCE KANDIDÁTŮ.....	27
3.2.1 Indikace LuTx.....	27
3.2.2 Kontraindikace.....	28
3.2.3 Syndrom frailty.....	30
3.3 ČEKACÍ LISTINA.....	31
3.4 DÁRCE A ODBĚR PLIC.....	32
3.5 TYPY OPERAČNÍCH VÝKONŮ.....	34
3.5.1 Jednostranná transplantace plic (SLuTx).....	34
3.5.2 Oboustranná transplantace plic (DLuTx).....	34
3.5.3 Další operační postupy.....	35
3.6 POOPERAČNÍ PÉČE.....	36
4 PLICNÍ REHABILITACE.....	37
4.1 MULTIDISCIPLINÁRNÍ TÝM.....	37
4.2 ŠLOŽKY PLICNÍ REHABILITACE.....	38
4.2.1 Vstupní vyšetření.....	38
4.2.2 Edukace.....	40
4.2.3 Rehabilitační léčba.....	41
4.2.3.1 Respirační fyzioterapie.....	41
4.2.3.2 Další fyzioterapeutické metody a techniky.....	43
4.2.4 Pohybová léčba.....	45
4.2.4.1 Faktory limitující tělesnou zátěž.....	45
4.2.4.2 Silový a vytrvalostní trénink.....	47
4.2.4.3 Adaptace organismu na tělesnou zátěž.....	49
4.2.4.4 Porucha adaptace na zátěž u pacientů po LuTx.....	50
4.2.5 Ergoterapie.....	50
4.2.6 Nutriční poradenství.....	51
4.2.7 Psychosociální poradenství.....	51

PRAKTICKÁ ČÁST	52
5 CÍLE A HYPOTÉZY	52
5.1 CÍLE PRÁCE	52
5.2 HYPOTÉZY.....	52
6 METODIKA	54
6.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU.....	54
6.2 PRŮBĚH STUDIE	54
6.2.1 Fyzioterapie v rámci hospitalizace.....	55
6.2.2 Aplikace POWERbreathe	55
6.3 PRŮBĚH VYŠETŘENÍ.....	56
6.4 ANALÝZA DAT A STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ	56
7 VÝSLEDKY.....	59
7.1 OVĚŘENÍ HYPOTÉZY H1	59
7.1.1 Vnitroskupinové porovnání	59
7.1.2 Meziskupinové porovnání	59
7.2 OVĚŘENÍ HYPOTÉZY H2	60
7.2.1 Vnitroskupinové porovnání	60
7.2.2 Meziskupinové porovnání	60
7.3 OVĚŘENÍ HYPOTÉZY H3	63
7.3.1 Vnitroskupinové porovnání	63
7.3.2 Meziskupinové porovnání	63
7.4 OVĚŘENÍ HYPOTÉZY H4	64
7.4.1 Vnitroskupinové porovnání	64
7.4.2 Meziskupinové porovnání	64
7.5 OVĚŘENÍ HYPOTÉZY H5	65
7.5.1 Vnitroskupinové porovnání	65
7.5.2 Meziskupinové porovnání	65
7.6 OVĚŘENÍ HYPOTÉZY H6	66
7.6.1 Vnitroskupinové porovnání	66
7.6.2 Meziskupinové porovnání	66
7.7 OVĚŘENÍ HYPOTÉZY H7	67
7.7.1 Vnitroskupinové porovnání	67
7.7.2 Meziskupinové porovnání	67
7.8 OVĚŘENÍ HYPOTÉZY H8	68
7.8.1 Vnitroskupinové porovnání	68
7.8.2 Meziskupinové porovnání	68
7.9 OVĚŘENÍ HYPOTÉZY H9	69
DISKUZE	70
ZÁVĚR	77
REFERENČNÍ SEZNAM	78
SEZNAM GRAFŮ	86
SEZNAM OBRÁZKŮ	87
SEZNAM TABULEK.....	88
SEZNAM PŘÍLOH.....	89

SEZNAM ZKRATEK

ACT – Airway Clearance Techniques

ADL – Activity of Daily Living

ATS – American Thoracic Society

BODE Index - Body mass index, Obstruction, Dyspnea, and Exercise capacity

COPD – Chronic Obstructive Pulmonary Disease

DLuTx – double lung transplantation

ECMO – Extracorporeal Membrane Oxygenation

EX - exspirium

FDI – Frailty Deficit Syndrome

ERS – European Respiratory Society

FEF – usilovný výdechový průtok

FEV1 – usilovně vydechnutý objem za první sekundu

FVC – usilovná vitální kapacita

GOLD – Global Iniciativ efor Chronic Obstructive Lung Disease

IMT – Inspiratory Muscle Training

IN - inspirium

LuTx – lung transplantation

MEF – maximální výdechový průtok

mMRC – Modified Medical Research Council Dyspnea Scale

NHBD – non-heart-beating-donor

PEEP – Positive End Expiratory Pressure

PEP Systém – Positive Expiratory Pressure

PIF – maximální průtok dosažený na vrcholu nádechu

PI_{max}/PE_{max} – maximálních inspirační a expirační tlaky

RA – respirační amplituda

RFT – respirační fyzioterapie

RV – reziduální objem

SIndex – silový index nádechu

SLuTx - single lung transplantation

TLC – celková plicní kapacita

VC – vitální kapacita plic

VO₂max – maximální spotřeba kyslíku

ÚVOD

Název této diplomové práce zní „Dynamika hrudníku u pacientů s CHOPN, její ovlivnění pomocí POWERbreathe“. Téma z oblasti pneumologie jsem si vybrala z důvodu zájmu o problematiku respirační fyzioterapie s cílem bližšího vhledu do práce s pneumologicky nemocnými pacienty. S konkrétním zněním tématu a směřováním této práce mi velmi pomohl Marek Lekeš, DiS., který inicioval orientaci naší studie směrem k využití inspiračního trenažeru POWERbreathe u pacientů s CHOPN, a doc. PaedDr. Libuše Smolíková, Ph.D., která odsouhlasila tuto myšlenku, stanovila konečný název a svolila k vedení této diplomové práce.

Práce je teoreticko-praktická. Do teoretické části je zahrnut základní přehled o CHOPN, tedy epidemiologické údaje, patogeneze a patofyziologie tohoto onemocnění. Teoretická část se také zabývá vlivem chronického respiračního onemocnění na dynamiku hrudníku a pohybový aparát. Dále je zde představen nádechový trenažer POWERbreathe. V rámci této kapitoly se práce zabývá mechanismem funkce i účinku tohoto přístroje, způsobem jeho používání a vlivem na biomechaniku dýchání. Z důvodu specifické skupiny probandů indikovaných k transplantaci plic, kteří byli přizváni do studie v rámci praktické části, se práce věnuje také transplantaci plic a plicní rehabilitaci.

Praktická část je koncipována jako randomizovaná kontrolní pilotní studie zkoumající vliv výše zmíněného inspiračního trenažeru na sílu nádechového svalstva, vybrané plicní funkce a dynamiku hrudníku. Do studie se nám podařilo zahrnout ryze pacienty indikované k LuTx, kteří byli v době konání studie hospitalizováni na Pneumologické klinice 2. LF UK a FN Motol. Cílem studie bylo zjistit výhody používání inspiračního trenažeru POWERbreathe pro pacienty s CHOPN v průběhu předtransplantační doby.

TEORETICKÁ ČÁST

1 CHRONICKÁ OBSTRUKČNÍ PLICNÍ NEMOC

Chronická obstrukční plicní nemoc znamená obstrukci dýchacích cest z důvodu chronické bronchitidy, plicního emfyzému či jejich kombinace (Kandus a Satinská, 2001). Globální iniciativa pro chronickou obstrukční plicní nemoc (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, GOLD) upravila v roce 2017 svou definici CHOPN jako „časté onemocnění, kterému lze předcházet a léčit jej. Je charakterizováno přetrvávajícími respiračními symptomy a omezením průtoku vzduchu v dýchacích cestách v důsledku abnormalit dýchacích cest anebo alveolů, obvykle způsobených významnou expozicí škodlivým částicím nebo plynům.“ (Kudela, Sedlák a Koblížek, 2017, str. 126). Dle definice Světové zdravotnické organizace (WHO, 2017) je CHOPN progresivní, život ohrožující onemocnění, které způsobuje dušnost, zpočátku vázanou na zátěž. Toto onemocnění je ireverzibilní a předurčuje k exacerbacím.

1.1 Epidemiologie

V rámci české i světové populace prevalence CHOPN stále narůstá. Celosvětově se pohybuje v rozmezí 6 – 15% (Marel, 2016) a dle nejnovějších guidelines trpí touto chorobou v České republice 7 – 8% osob (Bártů, 2017). Mortalita pacientů s CHOPN má celosvětově taktéž vzrůstající tendenci. V rámci všech příčin úmrtí toto onemocnění s podílem 5% nyní zastává čtvrtou příčku (WHO, 2017) a předpokládá se, že v roce 2020 obsadí příčku třetí (Moreira et al., 2014). I přes tyto statistiky je možné usuzovat, že skutečná čísla jsou ještě vyšší, a to z důvodu nedostatečné diagnostiky tohoto onemocnění. Dle studie v Sao Paulu z roku 2014, které se zúčastnilo 1 000 obyvatel města Sao Paulo v Brazílii, není zachyceno až 70% jedinců s CHOPN, většinou s mírnou či středně těžkou formou (Moreira et al., 2014).

1.2 Patogeneze

Jak již bylo zmíněno výše, CHOPN vzniká v návaznosti na chronickou bronchitidu, plicní emfyzém nebo může být kombinací obou patogenetických mechanismů, tedy emfyzému při obstrukci periferních dýchacích cest způsobené chronickou bronchitidou.

Chronická bronchitida je charakterizována produktivním kašlem, který trvá nejméně 3 měsíce ve dvou po sobě následujících letech. Prostá bronchitida vyjádřena pouze kašlem bez přítomnosti obstrukce není do CHOPN zařazena. Emfyzém je definován jako abnormální rozšíření dýchacích cest distálně od terminálních bronchiolů, které je spojeno s destrukcí jejich stěn bez přítomnosti fibrózy (Kandus a Satinská, 2001).

Nejčastěji udávaným rizikovým faktorem zejména pro rozvoj chronické bronchitidy či centrilobulárního emfyzému je inhalace škodlivin z tabákového kouře, který způsobuje 70 – 80% všech případů CHOPN (Marel, 2016). Znečištění ovzduší poléťavým prachem má vliv zejména na vznik a rozvoj plicního emfyzému. Mezi další důležité rizikové faktory se řadí profesní expozice škodlivinám, infekce zhoršující již přítomné patologické mechanismy, deficit alfa – 1 antitrypsinu a další. Působením těchto patogenů je narušena rovnováha mezi proteázami a antiproteázami. Svou roli v procesu rozvoje CHOPN hraje i působení oxidantů v závislosti na nedostatečnosti antioxidačních systémů (Kandus a Satinská, 2001).

1.3 Patofyziologie

Chronických zánětlivých procesů v plicích se účastní zejména mononukleáry, neutrofilů a lymfocytů. Jejich chronickou aktivitou dochází ke změnám ve všech vrstvách stěny dýchacích cest, tedy ve sliznici, submukóze i pojivové tkáni. Původně reverzibilní změny vedou k ireverzibilnímu poškození a přestavbě dýchacích cest. Toto se děje zejména na podkladě destrukce elastinu a kolagenu s navazující fibrotickou přestavbou. Na reverzibilní složce onemocnění má podíl kontrakce a hyperaktivita hladké svaloviny, edém stěny bronchů, hypersekrece hlenu a zánět. Výstupem těchto změn je obstrukční porucha (Kandus a Satinská, 2001).

Obstrukce dýchacích cest se projevuje nárůstem odporu periferních dýchacích cest a jejich zvýšenou tendencí ke kolapsu. Jedním z důvodů zvýšeného odporu jsou vazivové změny, v rámci kterých se patologicky zvyšuje míra elasticity plic a plicní tkáň je tak méně poddajná (Máček a Smolíková, 1995). Dalším důvodem zvýšené kolapsibility periferie je snížení funkční rezervy bránice, která nestačí dostatečně pokrývat zvýšené dechové nároky. V důsledku toho dochází k jejímu vyčerpání, bránice se oplošťuje, snižuje a kontraktilní vlákna se zkracují, čímž se prohlubuje její nedostatečná funkce (Tout, Tayara, Halimi, 2013).

Z důvodu výše popsaných změn se čas potřebný k výdechu prodlužuje. Při inspiriu se vzduch díky dilataci dýchacích cest vzniklé podtlakem v pleurální dutině dostane za obstrukci. Při expiriu se vzduch hůře dostává zpoza obstrukce a pacient, který má pocit nedostatečného výdechu, zapojí expirační svalstvo, čímž se ovšem dále zvýší tlak na stěnu dýchacích cest. Jejich průsvit se tak zmenšuje a plicní tkáň má tendenci kolabovat. Průtok vzduchu z plic je omezen a tím objem vzduchu zadržovaný v plicích na konci výdechu narůstá. V důsledku těchto patofyziologických mechanismů vzniká plicní hyperinflace (Kašák, 2006). Expirační svaly zároveň nejsou schopny plnit svou výdechovou funkci v podobě zpomalení setrvačných sil a jemné kontroly hrudníku při výdechu, plicní tkáň ztrácí svou schopnost smrštění směrem k plicnímu hilu. Poměr elastického napětí hrudní stěny a plicního parenchymu je tak narušen (Máček a Smolíková, 1995). U pacientů s obstrukčním onemocněním plic si také můžeme povšimnout tzv. thorax jumping. Toto slovní spojení představuje poruchu synergie svalových skupin, kdy CNS prostřednictvím muskuloskeletálního systému „přeskočí“ blokovanou fázi pohybu hrudníku do nádechu či výdechu. Tento fenomén můžeme pozorovat jako poruchu plynulého rozvíjení hrudníku. Blokádou určité fáze vzniká nejčastěji insuficiencí určitých svalů, například bránice při poruše n. phrenicus (Smolíková, 2017b).

Plicní hyperinflace je stav, při kterém v plicích na konci výdechu nedojde k vyrovnání tlaku vzduchu v malých dýchacích cestách s okolním atmosférickým tlakem. Při navazujícím nádechu jsou tedy inspirační svaly nuceny překonávat pozitivní tlak v plicích v podobě doznívajícího výdechového proudění, energetické nároky narůstají a postupně dochází k rozvoji hypoxémie a následně se hypoxémie kombinuje s hyperkapnií. Tato respirační insuficience, kdy perfúze převažuje nad ventilací, vede k hypoxické vazokonstrikci a následné vazivové přestavbě plicních arteriol. V dlouhodobém horizontu mohou tyto změny v rámci CHOPN vést ke vzniku plicní hypertenze a cor pulmonale

Hyperinflaci vyjadřují změny plicních funkcí, které jsou často prvním příznakem obstrukční ventilační poruchy. Ze statických objemů narůstají hodnoty zejména RV. Zpočátku se RV zvyšuje na úkor VC, zatímco TLC zůstává v normě. Nakonec však i hodnota TLC stoupá. Dle poměru RV/TLC a velikosti RV k náležité hodnotě můžeme hodnotit stupeň hyperinflace. Z dynamických plicních funkcí podléhají změnám FEV₁, která koreluje s tíží symptomů a prognózou onemocnění, a různé stupně MEF (potažmo FEF), které v poměru k FVC citlivě upozorňují na počínající poruchu (Kandus a Satinská, 2001).

1.4 Dynamika hrudníku

Pod pojmem dynamika hrudníku rozumíme nejen kvantitativní rozvíjení hrudního koše, ale zároveň kineziologickou kvalitu, timing a souhru jednotlivých komponent podílejících se na dechových pohybech.

1.4.1 *Elasticita plic*

Základem dechových pohybů jsou pružné vlastnosti plic a hrudníku. Pružnost neboli elasticita je schopnost návratu k původnímu tvaru, jakmile přestane působit deformační síla. Je zajišťována systémem elastických a kolagenních vláken, které se nacházejí v pleteních okolo alveolů a drobných dýchacích cest a zároveň jsou jejich stavebním materiálem. Plicní elasticitu také určuje povrchové napětí v alveolech, které je tvořeno přítomností surfaktantu.

Míra elasticity, tedy míra schopnosti návratu do původního stavu, se nazývá compliance. Compliance se mění v průběhu nádechu a výdechu. To znamená, že je odvislá od změny poměru objemu a tlaku vzduchu v plicích. Čím vyšší objem vzduchu se v plicích nachází, a tedy čím více jsou plíce roztažené, tím nižší je compliance, a naopak. S přibývajícím věkem dochází k fyziologickému úbytku elastických vláken a compliance se přirozeně zvyšuje. Patologicky k tomuto ději dochází právě i pacientů s CHOPN. Zde zároveň dochází ke kombinaci s dalším faktorem, a tím jsou větší objemové změny při menších změnách tlaku. Zjištění hodnot plicní pružnosti lze s výhodou využít pro stanovení diagnózy zejména v počátečních stádiích CHOPN či plicní fibrózy (Máček a Smolíková, 1995).

1.4.2 Elasticita hrudníku

Pružnost hrudníku je podobně jako v plicní tkáni dána množstvím elastických a kolagenních vláken, které se nacházejí ve skeletu hrudníku a jeho spojích. Obdobnou funkci také zastává klidový tonus svalstva nejen v oblasti hrudníku, ale i toho, které se na hrudník upíná. Klidovou výdechovou polohu hrudníku představuje inspirační úroveň cca 70% VC. Od této polohy jsou tkáně hrudníku nastaveny k tendenci ke smrštění. Pro inspirium a tedy roztažení hrudníku je nutné vykonat potřebnou sílu. Nadměrnému roztažení hrudní stěny naopak brání elasticita plic (Máček a Smolíková, 1995).

1.4.3 Statické a dynamické odpory

V pleurální dutině se výsledný tlak rovná součtu tlaků v plicích a v hrudníku. V klidové poloze je nutné, aby byl tento tlak nižší než atmosférický z důvodu prevence kolapsu plic. Jak již bylo naznačeno výše, pro nádech a výdech musí dechové svaly překonávat odpory statické, tj. mechanické vlastnosti dýchacího ústrojí (elasticita, tonus hladkého svalstva bronchů, povrchové napětí v alveolech a cévní struktura plic), a dynamické, tedy odpory vznikající třením při proudění vzduchu a posunem orgánů. Dynamický odpor se nelineárně zvyšuje s proudovou rychlostí (Máček a Smolíková, 1995).

1.4.4 Hrudník u CHOPN

Z výše uvedeného vyplývá, že plíce a hrudník jsou ve velmi úzkém vztahu a funkce jedné komponenty se odvíjí od funkce komponenty druhé. Pouze takto tedy mohou tvořit ucelený systém. Je proto zákonité, že u pacientů s CHOPN dochází v dynamice hrudníku k určitým změnám.

Z důvodu plicní hyperinflace a vysoké compliance jsou zvýšené energetické nároky kladeny zejména na inspirační svaly. Ty jsou přetíženy, podléhají chronickému vyčerpání, ale zároveň nejsou schopny relaxace. Výdech je omezen mimo jiné z důvodu neschopnosti inspiračních svalů aktivní regulace pohybu hrudníku kaudálně (Máček a Smolíková, 1995). Hrudník se tedy dostává do inspiračního postavení, což vede k pohybu sternu, žeber i klíčních kostí kranioventrálním směrem s častou hyperextenzí v Th/L přechodu. Přetížené svalstvo není v tuto chvíli schopno dostatečně plnit své další funkce: fázickou, případně posturální.

V průběhu inspiria se z důvodu kranioventrálního pohybu sternu a přední části žebere zvětšuje předozadní rozměr hrudníku na úrovni ventrálního a dorzálního úponu bránice. Toto postavení se projeví hypertonem části břišní stěny mediálně od žebere oblouků, m. quadratus lumborum a paravertebrálního svalstva (Smolíková et al., 2005). Dle Koláře (2012) dochází při poruše respiračního systému k ovlivnění zapojení dýchacích svalů nejen v rámci funkce dechové, ale i posturální a naopak. Funkce vitální je vždy upřednostněna před pohybem (Smolíková a Máček, 2013).

Ovlivněna je také bránice, jejíž výška apoziční zóny se snižuje. Tato pozice tvoří pro bránici mechanickou nevýhodu, protože není schopna se v tomto postavení rovnoměrně zapojit. K přetížení dochází zejména v jejích dorzálních partiích a svalová síla je tedy nižší. Zároveň nemůže docházet k fyziologickým pohybům žebere, a tedy celkovému rozvíjení hrudníku. U pacienta se tyto změny projevují v podobě horního hrudního dýchání, případně paradoxního dýchání, kdy se při nádechu obvod hrudního koše v dolní části zmenšuje. Doprovodným jevem jsou při hyperaktivitě pomocných nádechových svalů souhyby ramen. Toto vše vede k nerovnoměrnému zapojení hlubokých globálních i lokálních stabilizátorů, a dochází tedy k ovlivnění postury i posturální motoriky (Zatloukal, Neumannová, Lošťáková, 2013).

K dalšímu přetížení pohybové soustavy vedou pacientem vyhledávané méně energeticky náročné, zejména tedy statické pozice. Fyziologické vzorce pohybu se mění a jejich kvalita klesá. Všem těmto změnám dominuje patologický dechový vzor, který se postupně upevňuje a dle hesla „funkce tvoří orgán“ dochází i zde postupně k morfoloickým přestavbám v podobě kostních deformit a strukturálních změn kloubních spojů a svalů, na jejichž podkladě dochází k reflexním změnám měkkých tkání. Tyto přestavby ústí ve změnu konfigurace hrudníku a jeho imobilitu až rigiditu, ramen, trupu a postupně celého těla (Smolíková a Máček, 2013).

1.5 Pohybový aparát

Za jeden z hlavních symptomů a zároveň jednu z hlavních komplikací CHOPN je považována rychle se rozvíjející svalová únava spojená s úbytkem funkční svalové tkáně a bolestivostí projevující se zejména při lokomoci.

Tato svalová slabost je založená na organickém podkladě a jedná se tedy o myopatii, která postihuje kosterní svalstvo končetin i hrudníku. Úbytek svalové hmoty může být až 30%, a to zejména pomalých oxidativních vláken typu I, jejichž enzymatická kapacita klesá, a která jsou nahrazována rychlými bílými vlákny typu IIb. Tato svalová vlákna uvolňují energii pomocí glykolytické fosforylace, která následně způsobuje zvýšenou hladinu laktátu v krvi. Svalová vlákna IIb jsou koncipována pro rychlou kontrakci, rychle se ale také vyčerpají. Z tohoto důvodu se zhoršují vytrvalostní a silové parametry kosterního svalu, které jsou důležité zejména pro dechové svalstvo, kde mají oxidativní vlákna většinové zastoupení (Máček et al., 2005).

Dále dochází ke zhoršené kapilarizaci postižených svalů, kdy se počet kapilár snižuje až na 50% stavu zdravého jedince. Mitochondrie tak nemohou v dostatečné míře uskutečňovat oxidativní metabolismus a sval tedy pracuje za nedostatku O₂. Dýchání se tak stává pro pacienta náročnější.

Příčin myopatie je několik a vzájemně se potencují. Jedním z hlavních předpokládaných důvodů vzniku je dlouhodobá *hypoxie* a změna poměru rychlých a pomalých vláken je považována za formu adaptace na tento stav (Smolíková et al., 2005).

Za další rizikové faktory vzniku myopatie se udává *hyperkapnie*, tedy zvýšení parciálního tlaku CO₂ v arteriální krvi. Zvýšením nitrobuněčné acidózy klesá obsah hořčíku a draslíku a zároveň je negativně ovlivněna enzymatická kapacita. Tyto změny vedou k poruše uvolňování energie (Smolíková et al., 2005).

Myopatii podporují také chronicky probíhající *zánětlivé změny* v organizmu. Zánět zhoršuje oxidativní stres a zvyšuje působení volných kyslíkových radikálů a oxidu dusnatého, které poškozují svalové bílkoviny (Máček et al., 2005).

Další riziko představuje léčba *kortikoidy*, jejichž nežádoucí účinky způsobují nebolestivou myopatii. Postižena jsou svalová vlákna typu II, a to hlavně proximálních svalových skupin. Více bývají postiženy dolní končetiny. Myopatie se rozvíjí rychle, již během několika týdnů. Nejlepším preventivním opatřením u pacientů s dlouhodobým užíváním kortikoidů je podávání léků obden (Ehler a Zámečník, 2016).

Úbytek svalové hmoty může být způsoben i nedostatečnou nutriční. V takovém případě dochází k úbytku svalové hmoty, kontraktilní části svalů však zasaženy nejsou. Více jsou postižena svalová vlákna typu IIb, protože nejsou tolik odolná proti únavě jako vlákna typu I (Smolíková et al., 2005). Nedostatečná výživa může také vést k poruše rovnováhy elektrolytů a negativně tak ovlivňovat vedení vzruchu. Tento stav je často spojen s nedostatkem glykogenu ve svalech a poklesem hladiny fosforu, která se odvíjí od častých plicních infekcí. Tímto jsou sníženy zásoby ATP a porušen přenos energie. (Richardson et al., 2004)

Dalším rizikovým faktorem úbytku svalové hmoty je fyzická dekonidice. Tato svalová atrofie postihuje také kontraktilní části svalových vláken, zejména typu I. Tento stav vede ke snížené dráždivosti alfa motoneuronů a k poklesu maximální volní kontrakce (Smolíková et al., 2005). Svalové atrofii se dá předejít cílenou pohybovou aktivitou v podobě silového či vytrvalostního tréninku, které jsou podrobněji popsány v kapitole 4.2.3.2. Silový a vytrvalostní trénink.

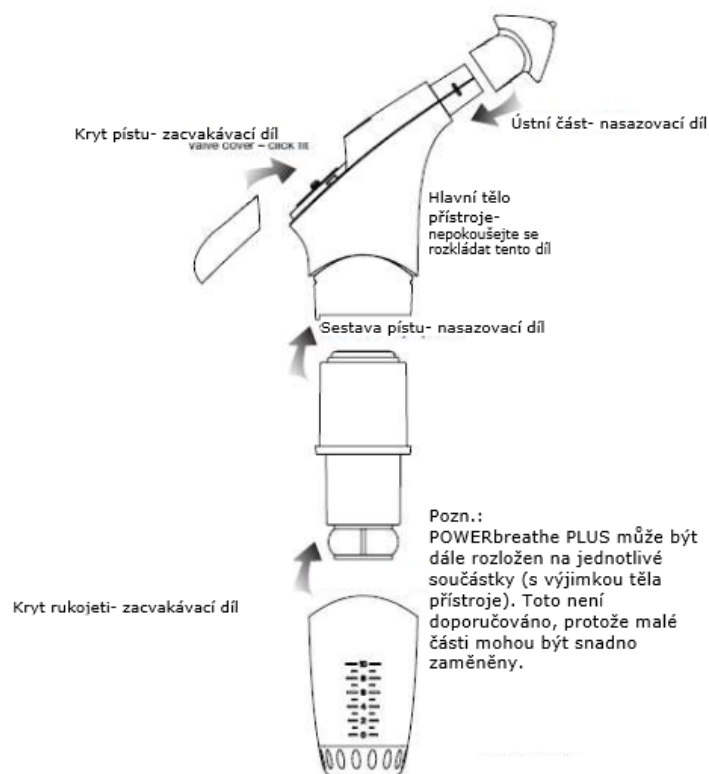
Nejvýrazněji jsou postiženy svaly dolních končetin, pravděpodobně z toho důvodu, že horní končetiny jsou více využívány a svalová slabost se tedy neprojeví v takové míře. Globálně však dochází ke snížení průměru svalových vláken a tedy k rozvoji svalové atrofie (Máček et al., 2005).

2 POWERBREATHE

Pro účely této diplomové práce jsme v rámci praktické části využili nádechový trenažer POWERbreathe Medic Plus. Tento trenažer slouží k tréninku nádechového svalstva za účelem posílení dýchacích svalů a zmírnění dušnosti prostřednictvím zvýšení fyzické tolerance během zátěže či běžných denních činností. Trénink s POWERbreathe je cílen zejména na pacienty s asthma bronchiale, CHOPN nebo srdečním selháním. (POWERbreathe Medic Plus – uživatelský manuál, 2015).

2.1 Technický popis

Přístroj se skládá z několika hlavních komponent, ke kterým patří náustek, tělo přístroje, ventil s pružinou a kryt ventilu s otočným regulátorem zátěže a stupnicí ukazující výši zátěže:



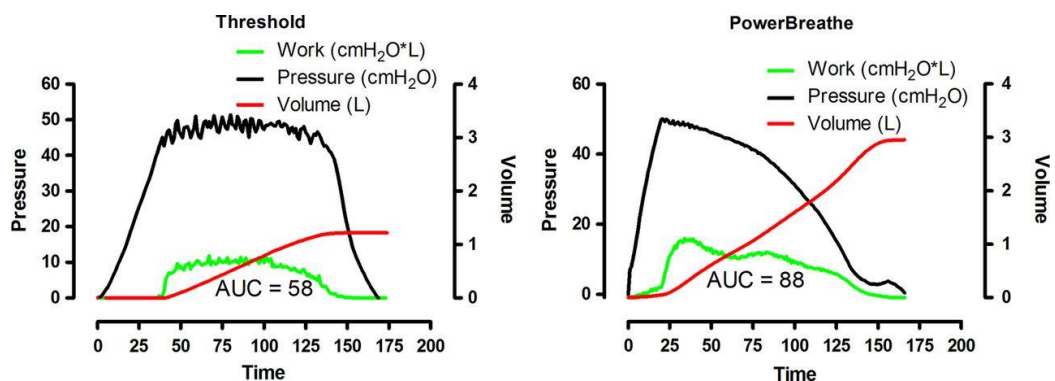
Obrázek 1: Součásti POWERbreathe Medic Plus (POWERbreathe Medic Plus - uživatelský manuál, 2015)

Na tyto hlavní komponenty může pacient rozložit přístroj v případě, že potřebuje snížit úroveň zátěže pod stupeň 0, tedy na absolutně nejnižší stupeň zátěže. V tomto případě je nutné odebrat z ventilu pružinu, kterou je míra zátěže dávkována (POWERbreathe Medic Plus – uživatelský manuál, 2015).

2.2 Mechanismus funkce

Dechový treňačer POWERbreathe funguje na principu variabilního odporového tréninku nádechových svalů, který využívá fyzikálního vztahu tlaku k objemu. V průběhu nádechu dochází díky elektronicky kontrolovanému ventilu ke snížení absolutních hodnot odporu. Pomocí tohoto mechanismu je pacient schopen dosáhnout vyššího nádechového objemu a zvyšovat tak sílu nádechového svalstva právě pro dosažení vyšších dechových objemů (Charusisin et al., 2013).

Na níže uvedeném obrázku je tento mechanismus fungování srovnán s jiným nádechovým treňačerem Threshold IMT, který se od POWERbreathe liší zejména v konstantě udržované velikosti odporu. Zatím co konstantní odpor u Thresholdu vede pouze k omezenému nárůstu inspiračního objemu, u treňačeru POWERbreathe je díky postupnému poklesu absolutních hodnot odporu lineárně zvyšován nádechový objem. Rozdíl mezi těmito treňačery je i v hodnotách výsledné práce vykonané v rámci jednoho nádechu. U POWERbreathe je výsledná práce vyšší (Charusisin et al., 2013):



Obrázek 2: Porovnání mezi constant threshold (Threshold IMT) a variabilním odporovým tréninkem nádechových svalů (POWERbreathe KH1) (Charusisin et al, 2013)

2.3 Mechanismus účinku

2.3.1 *Působení na biologické úrovni*

Na biologické úrovni se díky biopsiím z m. intercostalis externus pacientů s CHOPN podařilo objasnit strukturální adaptační mechanismy inspiračních svalů při IMT. V rámci této studie byl zaznamenán statisticky významný 38% proporční nárůst ve vláknech typu I a 21% nárůst velikosti vláken typu II. Tyto morfologické změny jsou spojeny se zlepšením silové i vytrvalostní složky inspiračních svalů a dále i se zvýšenou odolností proti svalovému vyčerpání. Toto je vysvětleno zvýšenou schopností rozložit zatížení svalu mezi více aktivních myofibril při stejné úrovni submaximální ventilace. Dále se při adaptaci uplatňuje schopnost silnějších vláken typu I oddálit nábor méně výkonných vláken typu II (Ramírez-Sarmiento et al., 2002).

Dalším důležitým předpokládaným adaptačním mechanismem na biologické úrovni může být reflexní aktivita chemosenzitivních receptorů typu III/IV ve svalech s tendencí k vyčerpání. Tyto receptory mohou indukovat sympaticky řízenou vazokonstrikci končetinových cév (Romer a Dempsey, 2002). Oddálení či zmírnění významu svalového vyčerpání respiračního svalstva pravděpodobně zmírní reflexní aktivitu z výše uvedených receptorů a redukuje tak končetinovou vazokonstrikci. Tento děj vede ke zvýšení toku krve v končetinách, vyššímu přísunu kyslíku pracujícím svalům a odplavení zplodin metabolismu, zejména nahromaděného laktátu. Díky tomu jsou svaly končetin méně náchylné k vyčerpání a jejich výkonnost roste. Oba výše uvedené mechanismy účinku se mohou kombinovat (McConnell a Romer, 2004).

2.3.2 *Působení na úrovni organismu*

Co se týče potenciálních mechanismů účinku tréninku dechového svalstva na pozitivní změnu reakce organismu v zátěži, ukázalo se, že výsledný účinek není vázán na změny v kardiovaskulárním systému, jako je například zvýšení srdečního výdeje (Markov et al, 2001). Základem pro ergogenní efekt IMT jsou samotné změny na úrovni respiračního svalstva, ačkoliv v konečném důsledku ovlivňují nervové interakce na úrovni vegetativního nervstva či práci svalů končetin. Změnami na úrovni respiračního svalstva rozumíme zlepšení parametrů v rámci rychlostní, silové, vytrvalostní i kontraktilní složky, což vede k prevenci či oddálení svalového vyčerpání bránice, které je indukováno samotnou zátěží (Johnson et al., 1993).

Zlepšení výkonnostních parametrů inspiračního svalstva probíhá i v rámci celotělového tréninku (Powers et al., 1997), nicméně ve vícero studiích (Babcock et al., 1996; Romer et al., 2002; Volianitis et al., 2001) bylo zjištěno, že zlepšená výkonnostní funkce inspiračního svalstva je využita na pokrytí zvýšených ventilačních nároků a znemožňuje tak potenciální protektivní efekt tréninkem indukované inspirační adaptace před svalovým vyčerpáním. Preventivní efekt IMT podporují i novější studie, které předpokládají, že zlepšení funkce inspiračních svalů souvisí se zlepšením výkonové kapacity a tedy umožňuje pacientům s CHOPN pracovat pohodlněji při vysokých plicních objemech (Luo et al., 2012). Jiná hypotéza tuto myšlenku rozvíjí s tím, že IMT s variabilní odporovanou průtokovou zátěží je vhodný pro snížení inspiračního úsilí (Charususin et al., 2013).

2.4 Biomechanika odporovaného nádechu

Hlavním protiargumentem použití inspiračních trenažerů u pacientů s CHOPN je názor, že není vhodné dále přetěžovat již tak přetížené inspirační svalstvo. Důležitý je však fakt, že klidový nádech a nádech proti vhodně nastavenému odporu probíhá biomechanicky odlišně.

Studie z roku 2017 provedená na Fakultě tělesné výchovy a sportu (Šorfová a Čapková, 2017) se zabývala tvarovými změnami trupu při klidovém dýchání a při použití POWERbreathe. Změny byly detekovány 3D kinematickou analýzou pohybu pomocí systému Qualysis. Markery byly umístěny bilaterálně na acromion, SIAS a dále ventrálně i dorzálně na 4. a 12. žebro.

Výsledky přinesly zjištění, že oproti klidovému dýchání došlo k signifikantnímu zvýšení laterálního rozvíjení hrudníku jak v oblasti 4. žebra (o 200%), tak v oblasti 12. žebra (až o 250%). Laterální rozšíření hrudníku přetrvávalo zvýšené i při klidovém nádechu bezprostředně po použití POWERbreathe (o 120% v horní části a 130% v dolní části hrudníku). Dále bylo zjištěno zvýšené ventrodorzální rozvíjení dolní části hrudníku v úrovni 12. žebra, a to průměrně o 300%. Následné klidové dýchání vykazovalo přetrvávající rozšíření předozadního rozměru, průměrně o 130%. Nakonec byl sledován kraniokaudální pohyb horní a spodní části hrudníku, a to pomocí vzdáleností acromion – 4. žebro a 12. žebro – SIAS. Oproti klidovému dýchání došlo ke zvýšení kraniokaudálního pohybu v horní části hrudníku o 300%, oproti tomu ve spodní části hrudníku průměrně pouze o 230%, přičemž u části probandů došlo dokonce ke zmenšení rozměru 12. žebro – SIAS, tzn. k přiblížení spodních žeber a pánve.

Právě z důvodu rozšíření hrudníku v transverzální rovině a zvětšení vertikálního průměru hrudníku dochází dle Kapandjiho k aktivaci bránice. Dalším důležitým poznáním je fakt, že díky rozšíření hrudníku ventrodorzálně i laterolaterálně je možné dosáhnout znatelného zvýšení dechových objemů, a to téměř až o třetí mocninu rozměru hrudníku dle vzorce pro objem koule ($V = \frac{3}{4} \pi r^2$).

2.5 Trénink nádechového svalstva

Pro trénink nádechového svalstva je stěžejním bodem nastavení vhodné tréninkové zátěže pro konkrétního pacienta. Příliš vysoká i příliš nízká zátěž by nepřinesla kýžený efekt, kterým je zvýšení svalové síly nádechového svalstva. Dle studie z roku 2005 (McConnell et al., 2005), jejíž výsledky uvádí i příručka POWERbreathe Medic Plus - uživatelský manuál jako oficiální parametry pro nastavení tréninkové zátěže, musí tato zátěž přesahovat podíl 30 % z maximální síly dýchacího svalstva pacienta. Maximální sílu, tzv. SIndex, jsme pro účely této diplomové práce měřili na přístroji POWERbreathe KH1. Následující text zabývající se podmínkami tréninku s nádechovým trenažerem POWERbreathe je převzat z uživatelského manuálu.

Manuál uvádí jako ideální stanovit počáteční úroveň zátěže na 30 – 40 % z této naměřené hodnoty, a to pomocí převáděcí tabulky uvedené v uživatelském manuálu:

		Zátěž (cmH ₂ O) při 1 l/s											
	Bez pružiny a ventilu	Bez pružiny	Úroveň 0	Úroveň 1	Úroveň 2	Úroveň 3	Úroveň 4	Úroveň 5	Úroveň 6	Úroveň 7	Úroveň 8	Úroveň 9	Úroveň 10
cmH ₂ O	1 (jen míček)	3	9	16	23	29	36	43	50	57	64	71	78

Tabulka 1: Tabulka nastavení zátěže (POWERbreathe Medic Plus - uživatelský manuál, 2015)

Dále by se měla výše tréninkové zátěže zvyšovat o půlotáčku každý den po dobu 7 – 10 dnů až na úroveň 60 % počáteční maximální síly nádechového svalstva daného pacienta. Následuje týdenní trénink na této úrovni. Poté se zátěž zvyšuje tak, aby stále odpovídala 60 % výkonu posíleného nádechového svalstva.

S takto nastavenou zátěží je doporučeno trénovat 30 nádechů dvakrát denně. Vhodnou pozicí je korigovaný sed. Nádech by měl následovat po maximálním výdechu a měl by být proveden tak hluboce a rychle, jak pacient zvládne, s plným rozsahem pohybu hrudníku do inspiria. Výdech je naopak pomalý a lehký až do úplného vyprázdnění plic. S dalším nádechem je vhodné vyčkat do doby, než pacient pocítí potřebu se nadechnout. Při konci tréninku může pacient zažívat pocit diskomfortu a neschopnosti se plně nadechnout, a to zejména při vyšším objemu vdechnutého vzduchu. Toto je způsobeno postupným vyčerpáním inspiračního svalstva. Pokud tento pocit nastává již při začátku tréninku, je potřeba úroveň zátěže snížit. Jakmile se při tréninku objeví točení hlavy, dráždění ke kašli či nedostatek dechu, trénink by měl být přerušeno až do doby, než bude pacient schopen bezpečně dokončit 30 nádechů. Na tyto možné komplikace musí být pacient vždy předem upozorněn.

Pokud je pro pacienta trénink náročný i při nejnižší úrovni zátěže „0“, lze s přístrojem cvičit i na zcela minimální úrovni zátěže po vyjmutí kalibrované pružiny i ventilu. Přesto se může stát, že nebude tento trénink pro pacienta přijatelný. V tom případě je zde možnost využít méně intenzivního typu tréninku, který je sice delší, ale méně intenzivní. Spočívá v souvislém dýchání s vhodnou zátěží po dobu 15 minut.

Dle uživatelského manuálu by měl pacient nejpozději po 4 – 6 týdnech užívání POWERbreathe pocítovat subjektivní zlepšení dušnosti v zátěži. Po této době je možné snížit počet tréninků na tři týdně.

2.6 Indikace a kontraindikace

Přístroj POWERbreathe je určen pouze k tréninku nádechového svalstva a není uzpůsoben k žádnému jinému použití. Neslouží k diagnóze, prevenci, ošetření nebo léčení žádných onemocnění. Dle uživatelského manuálu je vhodný téměř pro každého a při správném používání nemá žádné vedlejší účinky. Jeho využití se nedotýká pouze osob s respiračním onemocněním, jako je CHOPN, asthma bronchiale, spánková apnoe, stavy po operaci plic a další, ale také sportovců, kteří usilují o zlepšení svého výkonu. Toto dokazují i četné studie, prováděné zejména u cyklistů. Nádechový trenažer POWERbreathe byl také využit například i ve studiích zkoumajících efekt posílení nádechového svalstva u pacientů s low back pain (Janssens et al., 2015) nebo u četných neurologických diagnóz (např. studie skupiny Inzelberg et al., 2005 u pacientů s Parkinsonovou chorobou).

Práce s nádechovým trenažerem naopak není vhodná pro pacienty, kteří mají v osobní anamnéze spontánní pneumotorax, případně nejsou zcela zotaveni z traumatického pneumotoraxu. Užití POWERbreathe není vhodné u pacientů s nezhojenou zlomeninou žeber, pro pacienty trpící pokročilou osteoporózou či metastatickými procesy v oblasti hrudníku. Mezi další kontraindikace patří pulmonální hypertenze, desaturace (< 94 %) po tréninku nádechového svalstva a asthma bronchiale s nízkou vnímavostí symptomů a s tendencí k náhlému zhoršení zdravotního stavu. Při cvičení s trenažerem by pacient neměl nikdy pociťovat bolest. Pokud se tak stane, je nutné trénink okamžitě ukončit a o dalším postupu se poradit s lékařem. Dále může pacient pociťovat tlak v uších, zejména při zotavování z nachlazení. Takto se projevuje nedostatečné vyrovnávání tlaku v Eustachově trubici. Pokud se takovýto stav objevuje opakovaně, je také nutné poradit se s lékařem. Z obdobných důvodů není možné používat POWERbreathe při potížích s ušním bubínkem. Při nachlazení nebo zánětu respiračního ústrojí v jakékoli úrovni také není trénink s trenažerem doporučen. Osoby mladší 16 let by měly trénovat pouze pod dohledem osoby starší 18 let. Pro děti do 7 let není z důvodu přítomnosti malých částic doporučen vůbec (POWERbreathe Medic Plus – uživatelský manuál, 2015).

3 TRANSPLANTACE PLIC

3.1 Historie

Myšlenky zabývající se transplantací orgánů se objevily již v 1. polovině 20. století. Ve 40. letech Sir Peter Medewar díky objasnění podstaty odmítnutí aloimplantátu položil základ pro rozvoj orgánových transplantací. Ruský fyziolog Demikhov v roce 1947 úspěšně provedl transplantaci jednotlivých plicních laloků na psech a v roce 1950 publikoval technický popis transplantace psích plic. Zvířata nicméně přežívala v průměru 7 dní kvůli zhoršující se funkci transplantovaného orgánu z důvodu jeho nepřijetí organizmem (Cooper, 1990).

Historie první lidské transplantace plic se datuje od 11. června 1963, kdy James D. Hardy na University of Mississippi Medical Center v Jacksonu provedl transplantaci levé plíce u 58letého vězně odsouzeného na doživotí (Hardy et al, 1963). Plíce byly posmrtně získány od dárce se srdeční zástavou (Cooper, 1990). Pacient byl indikován k operaci z důvodu epidermoidního karcinomu levého bronchu, zemřel však po 18 dnech na selhání ledvin a pneumonii. Transplantovaná plíce byla však bez známek rejekce. K imunosupresi byl použit prednison, azathioprin a ozáření tymu (Hardy et al, 1963). Tímto výkonem byla prokázána možnost technicky úspěšného provedení transplantace plic, která se tak dostala celosvětově do povědomí odborné veřejnosti (Lischke, 2012).

O zásadní rozvoj transplantace plic se začátkem 70. let zasadil Jean Borel, který ze vzorku plísně *Tolypcoladium influatum* objevil cyklosporin A, tedy základ imunosupresivní léčby. Tímto objevem byla začátkem 80. let zahájena úspěšná éra orgánových transplantací (Lischke, 2012). V roce 1981 byl ve Stanfordu poprvé úspěšně transplantován blok srdce a plic, bezprostředně následován operacemi pod vedením J. D. Coopera: v roce 1983 byla s úspěchem provedena jednostranná transplantace plic pro idiopatickou plicní fibrózu, kdy imunosupresivní režim zahrnoval prednison, cyklosporin a azathioprin. Tento pacient přežil osm let od výkonu a zemřel na selhání ledvin (Valentová Bartáková et al, 2014). V roce 1986 proběhla oboustranná transplantace „en-bloc“ z důvodu sekundárního emfyzému (Cooper, 1997).

V České republice byly provedeny první experimentální transplantace plic na zvířatech v roce 1970. Operace probíhaly pod vedením F. Řeháka a P. Krákory spolu s pracovním týmem IKEM a byly zaměřeny zejména na technickou stránku výkonu (Valentová Bartáková et al, 2014).

Tým III. chirurgické kliniky pak již pod vedení Pavla Pafka zahájil v roce 1994 spolupráci s vídeňským transplantačním centrem. První transplantace plic na člověku v České republice byla provedena 22. 12. 1997 ve FN Motol, která až do současnosti zůstává jako jediné centrum pro plicní transplantace v ČR. Pacientem byl 41 letý muž s idiopatickou plicní fibrózou, který přežil 6 let a 1 měsíc od výkonu. Transplantace byla provedena jednostranně. Další transplantace již byla oboustranná a došlo k ní 24. 4. 1998 u 54letého nemocného s chronickou obstrukční plicní nemocí. V srpnu 2012 se uskutečnila první retransplantace u 55leté pacientky. V současné době je transplantace plic zavedenou metodou léčby pokročilých stadií plicního parenchymového nebo vaskulárního onemocnění (Valentová Bartáková et al, 2014).

3.2 Selekce kandidátů

Česká i světová odborná veřejnost zaznamenává v posledních letech zvyšující se trend transplantace plic (LuTx) jak v počtu transplantovaných pacientů, tak pacientů zasláných ke zvážení výkonu. V letech 2009 – 2010 bylo ke zvážení zasláno 142 pacientů, v letech 2013 – 2014 180 a v rozmezí let 2015 – 2016 již 215 pacientů. V roce 2014 podstoupilo LuTx 32 pacientů, v roce 2015 34 a v roce 2016 dokonce 42 pacientů (Valentová Bartáková a Fila, 2017). Dle Koordinačního střediska transplantací podstoupilo LuTx v loňském roce 44 pacientů (KST, 2017) a statistika pro leden 2018 hovoří o 2 transplantovaných pacientech (KST, 2018). Selekce kandidátů pro transplantaci plic je tedy zásadní faktor, který má nepochybný dopad na výsledky celého transplantačního programu a dobu přežití pacientů. Selekce probíhá na základě indikačních a kontraindikačních kritérií, svou roli zde nicméně hraje i tzv. Frailty Deficit Index - FDI (Valentová Bartáková a Fila, 2017).

3.2.1 Indikace LuTx

K LuTx jsou indikováni pouze ti pacienti, kteří splňují několik podmínek. Jednou z nich je konečné stadium chronického onemocnění plic, u kterých selhává dostupná medicínská léčba, nebo pro které taková léčba neexistuje. U těchto pacientů je tedy očekávaná doba přežití snižena, nicméně musí být stále vyšší než předpokládaná doba strávená čekáním na vhodný orgán na čekací listině. Tato doba je v průměru 12 – 18 měsíců. U takových pacientů předpokládáme velmi sníženou kvalitu života, závislost na kyslíku a postupně se zvyšující imobilitu (Orens, 2006).

Mezi nejčastější indikované diagnózy patřila v roce 2009 – 2010 plicní fibróza (77), následovaná CHOPN (47), dále cystická fibróza (7) a ostatní pneumologické diagnózy (11), mezi které se řadí například plicní arteriální hypertenze, chronická tromboembolická plicní hypertenze, sarkoidóza, lymfangioleiomyomatóza a další. V rozmezí let 2013 – 2014 došlo k vyrovnání počtu indikovaných pacientů s CHOPN (77) a plicní fibrózou (76), následovány cystickou fibrózou (12) a ostatními diagnózami (15). Toto vyrovnání přetrvávalo i v letech 2015 – 2016: plicní fibróza (95), CHOPN (91), cystická fibróza (14) a ostatní diagnózy (15) (Valentová Bartáková a Fila, 2017).

Pro indikační problematiku je zásadním a zároveň nejobtížnějším rozhodnutím správné načasování transplantace, kdy je nutno počítat s předpokládanou dobou čekání na vhodný orgán. Rozhodnutí se zároveň odvíjí od dynamiky změn plicních funkcí, počtu hospitalizací pro exacerbaci základního onemocnění v posledním roce, zhoršování rehabilitačního potenciálu a další (Valentová Bartáková et al, 2014).

3.2.2 Kontraindikace

L. Valentová Bartáková a L. Fila ve svém článku z roku 2017 uvádí, že oproti minulým rokům je dnes kontraindikováno stále méně pacientů. V rozmezí let 2009 – 2010 bylo kontraindikováno 23% pacientů, 2013 – 2014 27% a v letech 2014 – 2015 již pouze 18% pacientů. Zároveň je stále více pacientů sledováno jako budoucí kandidáti k LuTx: 2009 – 2010 17%, 2013 – 2014 15%, 2015 – 2016 23%. Tato čísla jsou jistě příznivá, protože svědčí o vyšší informovanosti pneumologů a včasném zasílání pacientů jako kandidátů ke zvážení zařazení do programu.

Kontraindikace se udávají absolutní a relativní. Mezi hlavními absolutními kontraindikacemi, kvůli kterým jsou kandidáti na LuTx odmítnuti, stále přetrvává aktivní kuřáctví (2015 – 2016 23% všech kontraindikovaných). Chyba při odesílání nepochází pravděpodobně z neznalosti absolutních kontraindikací LuTx pneumologem, ale ze zatajování těchto faktů pacientem (Valentová Bartáková a Fila, 2017). Mezi další absolutní kontraindikace patří vedle aktivního kuřáctví i drogová závislost a alkoholismus v posledních 6 měsících. Dále polymorbidita (2015 – 2016 22%), neléčitelná systémová infekce (HIV, hepatitida B, C) či neléčitelné selhání dalšího významného orgánového systému, případně ischemická choroba srdeční neřešitelná perkutánní intervencí či bypassem nebo spojená s významně sníženou ejekční frakcí levé komory.

Kontraindikováni jsou také pacienti s prodělanou malignitou (2015 – 2016 14%). K transplantaci mohou být indikováni pouze pacienti, kteří podstoupili radikální léčbu maligního onemocnění a jsou nejméně 5 let bez známek relapsu, s výjimkou kožního skvamózního karcinomu a bazaliomu, kdy se čekací doba může zkrátit na dva roky i méně (Valentová Bartáková et al., 2014). Transplantace plic není možná u pacientů s výraznou hrudní či páteřní deformitou. Dále u pacientů nespolupracujících při užívání léčby nebo při docházení na ambulantní kontroly, u nevyhovujícího sociálního zázemí a psychoprofilu (2009 – 2010 18%, 2015 – 2016 3%) (Lischke, 2012; statistické údaje Valentová Bartáková a Fila, 2017).

Vedle absolutních kontraindikací, které se vztahují na všechny pacienty bez výjimky, rozlišujeme ještě kontraindikace relativní, které se posuzují individuálně ve vztahu ke konkrétnímu jedinci a nemusejí být důvodem pro zamítnutí transplantačního výkonu. Na rozdíl od absolutních kontraindikací, které posuzuje již odesílající pneumolog, jsou relativní kontraindikace posuzovány v transplantačním centru. Mezi relativní kontraindikace řadíme věk nad 65 let, potřebu invazivní ventilace nebo jiný nestabilní klinický stav (př. šok), poruchu renálních funkcí (creatinin clearance < 50mg/ml/min), těžký funkční stav s malým rehabilitačním potenciálem nebo psychosociální nestabilitu. Dále jsou do relativních kontraindikací řazeny kolonizace multirezistentním či virulentním bakteriálním kmenem, mykotickými agens či mykobakteriemi, těžká či symptomatická osteoporóza, těžké systémové onemocnění či progresivní neuromuskulární onemocnění. Mezi velmi nepříznivý trend patří nárůst kontraindikovaných pacientů s obezitou – BMI > 30 kg/m² (2009 – 2010 6%, 2015 – 2016 17%), zejména z toho důvodu, že se jedná o ovlivnitelný faktor. Podobně jako u pacientů s kachexií - < 17 kg/m² (2015 – 2016 3%) i obezita zvyšuje riziko úmrtí v potransplantačním období (Valentová Bartáková et al., 2014; statistické údaje Valentová Bartáková a Fila, 2017).

Pacienti nicméně mohou být kontraindikováni i ze zcela jiných důvodů, které jsou typické pro jejich konkrétní onemocnění. U pacientů s cystickou fibrózou dochází například ke komplikacím v indikaci k LuTx v podobě retrakce plicních křídel v souvislosti s významně sníženým objemem pleurálních dutin. Z tohoto důvodu je velmi obtížné najít dárce s vhodnou velikostí štěpu. U pacientů s cystickou fibrózou je zároveň mnohdy výrazně přítomná plicní hypertenze velmi rizikovým faktorem pro transplantační výkon. Z obou výše uvedených důvodů a jejich případné kombinaci mohou být tito pacienti k LuTx kontraindikováni (Valentová Bartáková et al., 2014).

Dalším faktorem vedoucím ke kontraindikaci pacienta k LuTx je kolonizace dýchacích cest rezistentními patogeny. Touto komplikací jsou postiženi zejména pacienti s cystickou fibrózou, jejichž sputum v době zařazení na čekací listinu vykazovalo kolonizaci patogeny citlivými na farmakologickou léčbu. V průběhu čekací doby se však tyto kolonie staly rezistentními a z důvodu velkého množství kandidátů na čekací listině a malého množství vhodných dárců jsou bohužel tito pacienti z čekací listiny vyškrtnutí (Valentová Bartáková et al, 2014). Patogeny rovnou kontraindikující pacienta k LuTx jsou *Burkholderia cenocepacia* – u těchto pacientů je prokázána výrazně horší prognóza po LuTx (Valentová Bartáková et al., 2010). U pacientů s CHOPN jsou specifické kontraindikace odlišné. Je mezi ně řazen vyšší věk s častěji přidruženými komorbiditami a aktivní kuřáctví. Komplikací pro jednostrannou transplantaci je hyperinflace původní plic s tendencí k útlaku štěpu. Funkce štěpu je za této situace zhoršená, s neefektivní expektorací vedoucí k chronické infekci. U takovýchto pacientů se tedy častěji uvažuje o oboustranné transplantaci (Valentová Bartáková et al, 2014).

3.2.3 *Syndrom frailty*

Pro selekci tzv. šedé zóny, tedy pacientů, kteří nejsou jasně indikováni či kontraindikováni k LuTx, slouží tzv. Frailty Deficit Index (FDI). U těchto pacientů vnímáme jejich křehkost a zranitelnost vůči nepříznivým zdravotním následkům operačního výkonu. Syndrom frailty je manifestován zvýšenou únavou, úbytkem na váze, involucí vitálních funkcí, imobilitou a snížením fyzických a psychických sil. Diagnostika frailty pacientů je důležitým faktorem nejen pro selekci kandidátů, ale také pro určení jejich prognózy (Valentová Bartáková a Fila, 2017). Na základně studie z roku 2016 prováděné v Mayo Transplant Centre v Minnesotě, která si dala za úkol zjistit efekt syndromu frailty na zvýšenou úmrtnost v potransplantačním období, byla zjištěna nezávislá spojitost zvýšené křehkosti pacientů, kteří podstoupili LuTx, a snížené doby přežití. Předtransplantační křehkost může tedy představovat důležitou oblast intervence pro zefektivnění selekce kandidátů a zároveň zlepšení výsledků plicních transplantací.

Z výše uvedeného je zřejmé, že snaha o diagnostiku frailty pacientů narůstá. K diagnostice slouží již výše zmíněný FDI, validní nástroj hodnotící kumulující se deficity a měřící poměr přítomných deficitů. V rámci výše zmíněné studie byl FDI použit pro 32 biopsychosociálních poruch či postižení. Frailty zde bylo definováno hodnotou více jak 0,25 (Wilson et al, 2016).

3.3 Čekací listina

Předtím, než je pacient na čekací listinu zařazen, je nutno je seznámit s celým programem a dle výše zmíněných kritérií vyloučit případné absolutní či relativní kontraindikace. Vybraní pacienti jsou hospitalizováni a v rámci tohoto období podstupují řadu vyšetření. Hodnoceny jsou renální funkce, screening k detekci případných malignit či interních onemocnění, virologické a mikrobiologické vyšetření, hodnocení kostní denzity, a další. Neméně důležité je i vyšetření psychologem, který je také oprávněn ke kontraindikaci pacienta k LuTx. (Valentová Bartáková et al., 2014).

Ze všech pacientů odeslaných ke zvážení LuTx je na čekací listinu zařazeno zhruba 45% nemocných (2009 – 2010 44%, 2013 – 2014 45%, 2015 – 2016 46%). V porovnání s minulými roky a současností si podobné procento (cca 6%) nepřeje transplantační výkon podstoupit a okolo 10% pacientů v průběhu předtransplantačního období zemře. (Valentová Bartáková a Fila, 2017).

Po zařazení na čekací listinu jsou kandidáti většinou nadále v péči ošetřujícího lékaře. Jedním z prognosticky významných faktorů je zařazení do rehabilitačního programu, během kterého je pacient připravován nejen na samotný transplantační výkon prostřednictvím zvýšení fyzické kondice a zlepšení nutričního stavu, ale i na dobu po transplantaci, během které pacient zúročuje čas věnovaný zlepšení funkčního stavu svého pohybového aparátu, zejména hrudního koše (Valentová Bartáková et al., 2014). Předtransplantační příprava proběhla v FN Motol poprvé v roce 2009 a je s úspěchem zařazena do souboru předtransplantačních konziliárních vyšetření (podle ústního sdělení Marka Lekeše, DiS. (fyzioterapeut, Pneumologická klinika FN Motol) dne 4. dubna 2018). Pacient je dále povinen jednou za tři měsíce (u klinicky nestabilních či urgentních pacientů jsou kontroly každých 4 – 6 týdnů; Valentová Bartáková et al., 2010) absolvovat pravidelné kontroly v transplantačním centru. Zde je hodnocena rychlost progresu onemocnění a minimálně jednou ročně (u nestabilních pacientů po 6 – 9 měsících; Valentová Bartáková et al., 2010) je předtransplantační vyšetření doplněno o nejnovější údaje. Důležité je zejména opakované vyšetření sputa kvůli kolonizaci plic patogeny a jejich citlivosti na antibiotika. Jak již bylo uvedeno výše, pokud se během doby na čekací listině u pacienta vyvine kompletní rezistence na antibiotika, je pacient často z čekací listiny vyřazen (Valentová Bartáková et al., 2014).

3.4 Dárce a odběr plic

Transplantace plic je osvědčenou, odbornou veřejností uznávanou metodou léčby, ke které je indikováno stále více pacientů (Valentová Bartáková a Fila, 2017). Limitem je však omezený a k počtu kandidátů nízký počet vhodných dárců. Pro akceptabilitu štěpu je nutné, aby dárcovské plíce splňovaly daná kritéria a kompatibilitu ke svému příjemci.

V prvních chvílích po nabídce potenciálního dárce jsou sbírány anamnestické údaje o dárce. Zjišťován je jeho věk (nutno pod 60 let), pohlaví, výška a váha dárce, AB0 kompatibilita, prodělaná plicní onemocnění, aspirace, dlouhodobé kouření a prodělaná traumata hrudníku. Z dalších vyšetření je prováděno RTG plic z posledních 24 hodin s ohledem na patologický nález a RTG snímek hrudníku ze vzdálenosti jednoho metru pro zhodnocení velikosti plic dárce a příjemce (tzv. size matching). Velikost plic je měřena jak v rovině horizontální (v úrovni vrcholů bránice), tak i v rovině vertikální (od vrcholu plíce k vrcholu bránice v medioklavikulární čáře). Mezi další vyšetření se řadí oxygenační test, plicní compliance a kultivace sputa při dlouhodobé ventilaci. U dárce musí být nezbytně potvrzena mozková smrt, se kterou se mnohdy pojí neurogenní plicní edém. Pro jeho diagnostiku je nutno provést vyšetření hodnot centrálního žilního tlaku a plicního kapilárního tlaku a již výše uvedenou skiagrafiu plic. Pro prevenci rozvoje edému je nutno provést restrikcii intravenózně podávaných tekutin a také elevaci horní poloviny těla dárce (Lischke, 2012).

Na základě zjištěných anamnestických dat a výsledků výše uvedených vyšetření jsou dárcovské plíce předběžně přijaty nebo odmítnuty. Pokud je štěp schválen, transplantační tým vybere vhodného příjemce na základě AB0 kompatibility a velikostního poměru plic dárce a příjemce. V potaz je brána také urgentnost výkonu u daného kandidáta (Valentová Bartáková et al., 2010).

Dalším krokem je přesun odběrového týmu do dárcovské nemocnice. Zde probíhá konečná akceptace či odmítnutí dárcovského štěpu na základě bronchoskopie a makroskopického vyšetření. Pokud jsou zjištěny skutečnosti znemožňující akceptaci štěpu, je transplantace ukončena. Mezi tyto skutečnosti se řadí plicní infekce, které jsou nejčastěji důsledkem dlouhodobé umělé plicní ventilace dárce, a dále trauma hrudníku s kontuzí plic (Valentová Bartáková et al., 2010). Lischke (2012) ještě dále uvádí již výše zmíněný neurogenní plicní edém a iatrogenní poškození.

Pokud dojde k přijetí plic, je stanoven dojezdový čas do transplantačního centra. V této době již musí být příjemce připraven na operačním sále k plánovanému výkonu. Doba přípravy k samotné transplantaci je vypočítána zhruba na 2,5 hodiny, kdy 1,5 hodiny trvá anesteziologická příprava a hodinu příprava k pneumonektomii (Valentová Bartáková et al., 2010).

Plíce jsou většinou odebírány v rámci multiorgánového odběru. Odběr je však u pacientů s bijícím srdcem možný pouze u 15 – 20% dárců, právě kvůli již výše zmíněné infekci plic způsobené dlouhodobou ventilací. Výjimečně, pouze pokud nejsou ostatní orgány k odběru akceptovány, může být odběr plic proveden izolovaně. Při odebírání plic dárci je nutno uchovat jejich morfológickou a funkční integritu. Štěp dále podstupuje studenou ischemii, která může trvat maximálně 6 – 8 hodin. Komplikací však přetrvává ischemicko-reperfuční poškození.

Zásadní komplikací dostupnosti LuTx pro větší množství pacientů je již zmíněný nedostatek vhodných dárců. V rámci celého transplantačního programu je tedy jednou z hlavních snah najít nové metody, které by zajistily více akceptabilních štěpů. Bostonská studie z roku 2011 (Date a Oto, 2011) uvádí jako jedno z novějších forem řešení pocházející z University of Southern California zavedení transplantace plicních laloků od živých dárců. Tato metoda je využívána pouze u dětí s cystickou fibrózou, kdy každý plicní lalok pochází od jiného příbuzného dospělého dárce, jehož část plíce je pro malého příjemce dostatečně velká. Nejčastěji je implantován dolní levý a dolní pravý lalok.

Další využívanou metodou je odebrání plic dárci s nebijícím srdcem – NHBD (non-heart-beating donors). Hlavní otázkou u tohoto typu transplantace byla metodika odběru, uchování a stanovení funkčnosti dárcovských plic. První operace využívající tuto metodu se konala již v roce 2001 ve Švédsku (Lischke, 2012).

Lischke dále zmiňuje i studii z roku 2007 (Steen et al., 2007) uskutečněnou ve Švédsku. Zde se jim podařila tzv. „Ex vivo rekondice“ levé plíce 19 letého dárce po autonehodě. Příjemcem byl 70 letý muž s CHOPN. Plíce byla transplantována až po 17 hodinách. Štěp je v tomto případě extrakorporálně membránově oxygenován i perfundován. Pokud dojde k obnovení funkce štěpu, může být implantován.

3.5 Typy operačních výkonů

Existují dva základní typy transplantace plic – jednostranná (single lung transplantation, SLuTx) a oboustranná (double lung transplantation, DLuTx). Typ LuTx je vybírán individuálně dle konkrétní diagnózy pacienta, jeho věku, zdravotních komplikací apod.

DLuTx je častěji indikována u mladších pacientů, u starších pacientů nad 60 let je tento výkon hůře tolerován. K transplantaci obou plic se také častěji přistupuje u pacientů, jejichž dýchací cesty jsou kolonizovány rezistentními patogeny, u pacientů s významnou plicní hypertenzí či u těžké plicní hyperinflace. Díky novým možnostem získávání dárcovských plic není již v takové míře potřeba snažit se léčit dva pacienty plicemi jednoho dárce, proto je DLuTx na vzestupu. Důvodem je kromě výše uvedeného také delší doba přežití pacientů (Valentová Bartáková et al., 2014).

3.5.1 Jednostranná transplantace plic (SLuTx)

Přístupem pro SLuTx je posterolaterální torakotomie. Kontralaterální plíce je po dobu trvání výkonu ventilována. Zákrok je zahájen preparací plicního hilu, kde je nutné dbát zvýšenou opatrnost na n. vagus, n. phrenicus a n. laryngeus recurrens. Následuje odebrání nativní plíce a implantace plíce dárcovské. Nejprve je plíce napojena na bronchiální kmen, následně na levou síň a nakonec na truncus pulmonalis.

Během operace může dojít k několika komplikacím. Jednou z nich je irreverzibilní hypoxemie. Prvním řešením je odklonění toku krve kolabovanou neventilovanou plící uzavřením truncus pulmonalis. Pokud však hypoxemie progreduje, je nezbytné napojit pacienta na mimotělní oběh. U pacientů s plicní hypertenzí může docházet po uzavření plicní tepny k zhoršení hypertenze až ke kardiální dekompenzaci. Další komplikací je přerušené cévní zásobení bronchiální anastomózy. Dárcovský bronchus je perfundován pouze retrográdním průtokem z plicního cévního systému. Efekt přímé revaskularizace se neprokázal jako dostatečný (Lischke, 2012).

3.5.2 Oboustranná transplantace plic (DLuTx)

U DLuTx jsou k dispozici dva přístupy – anterolaterální torakotomie či transverzální bilaterální torakotomie transsternální (tzv. „clamshell incision“). Původně se tato operace prováděla podélnou sternotomií, při mimotělním oběhu a obě plíce byly transplantovány zároveň s tracheální anastomózou (Lischke, 2012).

Od roku 1989 se však používá bilaterální sekvenční transplantace, kdy jsou plíce transplantovány postupně, a tedy odděleně s bronchiální anastomózou. Nejprve je explantována plíce s horší funkcí. Po odběru nativní plíce dojde k implantaci plíce dárcovské, u které je nutno provést reperfúzi a náledně ventilaci. Transplantace pokračuje vyjmutím druhé nativní plíce a implantací druhé dárcovské plíce.

Pokud dojde k výskytu komplikací v podobě hypoxemie či kardiální nestability, řešení je obdobné jako u SLuTx, tedy mimotělním oběhem. Ten je indikován vždy u plicních cévních onemocnění a dále během operace v případě nutnosti, například po uzavření truncus pulmonalis při implantaci první plíce, po její reperfúzi nebo při uzavření truncus pulmonalis před implantací druhé plíce (Lischke, 2012).

Po dokončení transplantace jsou z dutiny vyvedeny dva hrudní drény z každé pleurální dutiny (apikální a bazální) a je provedeno bronchoskopické vyšetření dýchacích cest (Valentová Bartáková et al., 2014).

3.5.3 Další operační postupy

Cílem nových postupů je minimalizace operačního traumatu, pooperačních komplikací a maximální využití funkční kapacity dárcovských orgánů. Jednou z možných alternativ výše zmíněné clamshell incision jsou dvě anterolaterální torakotomie bez incize sternu. Tento postup vede k minimalizaci komplikací vzniklých sternální nestabilitou.

Další možností operačního postupu je již výše zmíněná transplantace pouze plicních laloků, která se provádí nejčastěji u dětí s cystickou fibrózou. Do této skupiny patří i metoda „split-lung“, v rámci které je levý dolní lalok dárce implantován příjemci na tutéž stranu, zatímco levý horní lalok je pootočen o 180° a implantován příjemci vpravo (Lischke, 2012).

Relativně nově uplatňovanou metodou, která se používá místo mimotělního oběhu, je tzv. extrakorporální membránová oxygenace (Extracorporeal Membrane Oxygenation, ECMO). V rámci transplantačního programu se užívá jak před operací pro podporu pacientů na čekací listině, přímo v průběhu operačního výkonu nebo následně po operaci k léčbě pacientů při primárním selhání štěpu. Mezi hlavní výhody patří menší invazivní zásah a na rozdíl od mimotělního oběhu není nutné použití heparinu. S ECMO lze pokračovat i po operaci, čímž lze ovlivnit míru průtoku truncus pulmonalis a omezit výskyt a stupeň reperfúzního edému. (Aigner et al., 2007)

3.6 Pooperační péče

Záhy po operačním výkonu je pacient převezen na anesteziologicko-resuscitační oddělení. Zde je komplexně vyšetřován a monitorován. Dvakrát denně podstupuje RTG plic, stanovení kreatinin clearance, komplexní laboratorní vyšetření a vyšetření hladiny imunosupresiv. Jednou denně se provádí vyšetření hemokultury, jednou týdně pak serologická vyšetření na přítomnost virové a mykotické infekce.

Pacient je napojen na standardní umělou plicní ventilaci s využitím PEEP (Positive End Expiratory Pressure), případně na nezávislou ventilaci jednotlivých plicních křídel, pokud dojde k těžké dysfunkci štěpu. Při příznivém vývoji pooperačního stavu a tedy plném rozvoji funkce transplantovaných plic je možné pacienta extubovat již po několika hodinách od výkonu. Toto neplatí u pacientů s primární plicní hypertenzí, kdy je pacient hemodynamicky a oxygenačně nestabilní a z tohoto důvodu je ventilován až 48 hodin od výkonu, případně i více (Lischke, 2012).

Po jednom až dvou týdnech je ukončena hospitalizace na ARO a pacient je opět přesunut na transplantační oddělení, kde dochází ke stabilizaci dávek imunosupresiv a dalších léků. Krátce před propuštěním je bronchoskopicky provedena plicní biopsie k vyloučení akutní rejekce. Pokud jsou výsledky tohoto vyšetření v pořádku, může být pacient zhruba měsíc od výkonu z nemocnice propuštěn (FN Motol, Transplantace plic: příručka pro pacienty).

I po ukončení hospitalizace je pacient sledován ambulantně v transplantačním centru. K těmto kontrolám je pacient zván každých 4 – 8 týdnů. Kontroluje se zde výskyt plicních (rejekce, infekce) i mimoplicních komplikací, které jsou způsobeny zejména imunosupresivní léčbou. Mezi mimoplicní komplikace se nejčastěji řadí chronická renální insuficience, hypertenze, osteoporóza, diabetes mellitus, hyperplazie gingivy, hirsutismus, alopecie, potransplantační lymfom, kožní a nekožní malignomy. Z vyšetření se provádí spirometrie a vyšetření krevních plynů, kompletní laboratorní screening, RTG plic, vyšetření sputa, vyšetření hladiny imunosupresiv, diagnostika cytomegaloviru, kreatinin clearance, kostní denzitometrie a CT hrudníku (Lischke, 2012).

4 PLICNÍ REHABILITACE

American Thoracic Society (ATS) a European Respiratory Society (ERS) definovala v roce 2013 plicní rehabilitaci jako „komplexní péči založenou na důkladném vyšetření pacienta, následované terapiemi, které jsou přizpůsobeny jednotlivým pacientům, a které zahrnují mimo jiné pohybovou aktivitu, edukaci a změnu chování s cílem zlepšit fyzickou i psychickou kondici osob s chronickým respiračním onemocněním a podpořit dlouhodobé dodržování zdraví prospěšného chování“. Podle ATS plicní rehabilitace pomocí výše uvedeného redukuje symptomy, zlepšuje toleranci zátěže a se zdravím související kvalitu života. ATS dále uvádí, že plicní rehabilitace je evidence-based disciplína založená na dobře designovaných klinických studiích s validními, reprodukovatelnými a interpretabilními výsledky (Casaburi, American Thoracic Society). Na území České republiky je plicní rehabilitace považována za komplexní interdisciplinární péči o nemocné s chronickou respirační dysfunkcí. Řadí se mezi nefarmakologické postupy léčby (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace). Smolíková a Máček (2006) mimo jiné kladou v rámci plicní rehabilitace zvláštní důraz na vnímání pohybové aktivity jako dlouhodobý faktor ovlivňující adaptaci organismu na tělesnou zátěž, která podstatně rozšiřuje pohybové možnosti pacienta, zvyšuje jeho nezávislost a tím zlepšuje kvalitu života. Následující text je citován zejména ze Standardu plicní rehabilitace, který vychází z poměrů zavedených v České republice.

4.1 Multidisciplinární tým

Pro komplexnost celého léčebného programu je nezbytná spolupráce napříč odbornostmi. Vedle týmu lékařů a zdravotních sester má v multidisciplinárním týmu nezastupitelné místo fyzioterapeut, jenž provádí nejen svou fyzioterapeutickou intervenci, ale je zároveň i koordinátorem celého programu, a ergoterapeut, jehož náplní je nácvik personálních i instrumentálních ADL (Smolíková et al., 2005). Mezi další odborníky zakomponované do programu se řadí psycholog, sociální pracovník, nutriční specialista, odborník na odvykání kouření, revmatolog, diabetolog, farmakolog, a další vyžádání specialisté dle potřeb pacienta (Standard plicní rehabilitace; Smolíková et al., 2005).

Přestože v rámci plicní rehabilitace spolupracuje množství odborníků, jejich cíle jsou stejné: maximální funkční nezávislost a soběstačnost v rámci ADL, zhodnocení fyzické kondice a následná iniciace přiměřeného tělesného tréninku k jejímu zvýšení, a dále edukace pacientů a jejich rodin. Prostřednictvím snahy o dosažení těchto cílů dochází ke zlepšení kvality života pacientů, snížení úzkosti a deprese, zvýšení tolerance na tělesnou zátěž, snížení dušnosti a dalších symptomů. Neméně důležitým cílem plicní rehabilitace je i ekonomizace léčby, jenž je vyjádřena sníženým počtem a délkou hospitalizací (Smolíková et al., 2005).

4.2 Složky plicní rehabilitace

Mezi jednotlivé kroky v rámci plicní rehabilitace řadíme vstupní vyšetření prováděné nejen lékařem, ale i fyzioterapeutem, ergoterapeutem, nutričním specialistou a psychologem. Po vstupním vyšetření následuje edukace, kterou taktéž provádí jednotliví odborníci vzhledem ke své specializaci. Dále pacient absolvuje rehabilitační léčbu zaměřenou na pohybový aparát a ergoterapii. Pacientovi je nabídnuta i nutriční a psychosociální podpora (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace). Následující text se bude podrobněji zabývat rehabilitační léčbou s odkazem na naši intervenci v rámci praktické části této diplomové práce.

4.2.1 Vstupní vyšetření

Vstupní vyšetření je zásadní pro vlastní obsah rehabilitačního programu, jehož cílem je maximální přínos pro konkrétního pacienta. Toto závisí na anamnéze pacienta, jeho dosavadní léčbě a medikaci, na funkci plic a hodnotách spirometrických a kardiálních vyšetření. Dále je nutno posuzovat kvalitu života pacienta, nejčastěji dle standardizovaných dotazníků, např. COPD Assessment Test, World Health Organization Quality of Life Questionnaire a další (Smolíková et al., 2005). Důležité je u pacientů s CHOPN také hodnocení prognostických faktorů, které lze určit pomocí tzv. BODE Indexu. Index hodnotí výsledky šestiminutového testu chůze (6MWT), dušnost dle škály mMRC, tíži bronchiální obstrukce a BMI (Gökdeniz et al., 2014). Výše uvedená vyšetření provádí ošetřující lékař, který indikuje či kontraindikuje plicní rehabilitaci. Ta není vhodná pro pacienty s rychlou progresí v podobě nádorového nebo neuromuskulárního onemocnění, a dále pro pacienty, jejichž komorbidity nejsou slučitelné se zařazením do programu plicní rehabilitace (Smolíková et al., 2005).

Standard plicní rehabilitace konkretizuje tyto komorbidity jako projevy neléčené anginy pectoris, neléčené symptomatické poruchy srdečního rytmu, neléčené kardiální dysfunkce či neléčené těžké plicní hypertenze. Pro rehabilitaci také nejsou zcela vhodní pacienti s neléčenou ischemickou chorobou dolních končetin a s těžkým neléčeným postižením funkce kloubů (artrózy, artritidy, kolagenózy).

Po stanovení diagnózy lékařem provádí své vstupní vyšetření i fyzioterapeut. Jeho hlavním výstupem je podrobný kineziologický rozbor, ve kterém je kladen důraz na zjištění limitujících symptomů v rámci daného onemocnění, situace, ve kterých se symptomy objevují, jejich intenzita, četnost, spouštěcí a úlevové mechanismy a jejich odpověď na farmakoterapii. Dále v rámci rozboru fyzioterapeut hodnotí celkové držení těla s akcentací na horní polovinu těla, tj. postavení hlavy, krku, ramen a hrudního koše. S výše uvedeným úzce souvisí kineziologické vyšetření dechových pohybů. Toto vyšetření probíhá nejprve aspekčně, kdy je zhodnocen dechový stereotyp v průběhu klidového dýchání a během maximálního nádechu a výdechu. Dále jsou zjišťovány přítomné asymetrie a svalové dysbalance. Palpačně fyzioterapeut vyšetřuje posunlivost a protažitelnost měkkých tkání, tonus a zkrácení svalů souvisejících s dýcháním, přítomnost kloubních blokády, přítomnost/lokalizaci bronchiální sekrece a asymetrie v prodechnutí jednotlivých částí plic. Rozsah dýchacích pohybů můžeme dále vyšetřit i pomocí hodnocení rozvíjení hrudníku páskovou mírou. Dále je potřeba vyšetřit respirační a posturální funkci bránice a také sílu svalů končetin pro stanovení vhodné pohybové aktivity. Pokud již nebylo provedeno ošetřujícím lékařem, může terapeut hodnotit celkovou fyzickou kondici pomocí zátěžových testů (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

Zátěžové vyšetření hodnotí stav tělesné zdatnosti a její změny v čase pod vlivem určité pohybové aktivity. V praxi se provádějí 6MWT/12MWT, případně člunkový běh. Testy jsou však pouze orientační a snadno ovlivnitelné dalšími faktory, než je stav kardiopulmonální výkonnosti. Nejčastěji se zátěžové testy provádí na ergometru nebo běhátku. V průběhu různých testů, jako je například stupňovaný test, rampový protokol či W 130/W 170 je možno využít zátěžové EKG a systém na stanovení spotřeby O_2 . Hodnocenými parametry jsou srdeční frekvence, krevní tlak, VO_2 max, výkon či vnímané úsilí hodnocené dle Borgovy deseti škály. Zátěžové testy se používají při rozhodování o operačních výkonech u pacientů s CHOPN s ohledem na případné pooperační komplikace nebo při stanovení bezpečné intenzity navrhované pohybové aktivity (Máček a Smolíková, 2002).

4.2.2 *Edukace*

Stejně jako vstupní vyšetření je i edukace prováděna jednotlivými odborníky zařazenými do multidisciplinárního týmu. Každý specialista provádí edukaci s ohledem na svou odbornost, informace od jednotlivých odborníků se však nesmí rozcházet. Edukace je prováděna vždy při začátku rehabilitace, může být ale také zavzata do průběhu terapie, například při změně zdravotního stavu pacienta či způsobu léčby.

Předmětem edukace je seznámení pacienta a jeho rodinných příslušníků s danou diagnózou, jejími symptomy a dále s významem a možnostmi léčby. Další neméně důležitou součástí je poradenství ohledně zvládnání daného onemocnění pomocí pozorování jednotlivých příznaků onemocnění pacientem. Pacientovi je také nabídnuta psychosociální podpora a nutriční poradenství se zaměřením na prevenci i léčbu kachexie, případně obezity. Edukace se také zabývá poskytnutím dostatečných informací ohledně celého programu plicní rehabilitace, jeho složek a seznámením se situací v domácím prostředí po absolvování programu. Probíhá formou rozhovoru ideálně s předáním tištěných materiálů, individuálně, případně v rámci skupiny pacientů se stejnou diagnózou.

Vedle edukace ohledně farmakologické léčby je zejména z fyzioterapeutického pohledu zásadní edukace ohledně nefarmakologických postupů, mezi které se řadí i pohybová terapie a respirační fyzioterapie. Je nutné, aby byl pacient řádně poučen o efektu a významu těchto postupů, zejména ohledně dýchání v průběhu dne i během pohybových aktivit, aby došlo k minimalizaci dechových obtíží. S tímto nesporně souvisí i motivace ke změně životního stylu, například zamezení expozice škodlivým látkám, mezi které se samozřejmě řadí i pasivní či aktivní kouření. Do edukace se dále řadí i návod pro správnou techniku inhalace.

Zcela konkrétně je v rámci fyzioterapeutické edukace obsažen popis jednotlivých technik respirační fyzioterapie. Pacient musí být obeznámen s jejími cíli, kterými jsou reedukace chybného dechového stereotypu vedoucí k optimalizaci napětí svalů účastnících se dýchání a zmírnění dechových obtíží, dále zlepšení hygieny dýchacích a usnadnění expektorace. Vedle jednotlivých technik respirační fyzioterapie je pacient dále obeznámen s polohami, které mu pomohou ulevit od pocitu dechové tísně. (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

Správně provedená edukace vede k pochopení jednotlivých kroků celého programu a tím k větší adherenci a motivaci pacienta k léčbě, což je zásadním předpokladem úspěšnosti celého programu. Zároveň přispívá k ekonomizaci léčby díky sníženému počtu hospitalizací (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

4.2.3 Rehabilitační léčba

Dle standardu plicní rehabilitace by měla rehabilitační léčba pacientů s chronickým respiračním onemocněním vždy obsahovat respirační fyzioterapii a silový i vytrvalostní trénink. Další metody a techniky se odvíjejí od kineziologického rozboru či aktuálního zdravotního stavu pacienta. Pohybová aktivita je prostředkem k vystoupení z bludného kruhu inaktivity, snížené svalové výkonnosti a dušnosti, a zároveň se snaží předejít již výše zmíněné myopatii dechových svalů i svalů končetin. Důsledkem vhodně zvolené pohybové aktivity je zlepšení kvality života nemocného (Smolíková et al., 2005). Fyzioterapie je u pacientů po LuTx prováděna standardně 4x denně (podle ústního sdělení Marka Lekeše, DiS. (fyzioterapeut, Pneumologická klinika FN Motol) dne 4. dubna 2018).

4.2.3.1 Respirační fyzioterapie

Techniky respirační fyzioterapie (RFT) jsou využívány po celou dobu programu plicní rehabilitace. Většinu těchto technik lze využít i u pacientů s neinvazivní ventilací, u pacientů na invazivní plicní ventilaci můžeme zapojit techniky asistované či pasivní.

Jednou z hlavních oblastí RFT je *reedukace dechového stereotypu* (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace). Reedukace může být prováděna volně i mimovolně, s volní aktivitou v rámci změny dechového stereotypu však nepřicházejí výrazné výsledky (Smolíková et al., 2005). Mezi techniky volní reedukace dýchání se řadí dechová gymnastika statická, dynamická a mobilizační, brániční dýchání, svalově aktivní výdech a dýchání přes sešpulené rty (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

V rámci mimovolných technik reedukace dechového stereotypu hovoříme o neurofyziologické facilitaci dýchání, do které spadá kontaktní dýchání v podobě kombinace polohy pacienta a manuálních dotyků, uchopení a manévrů. Dále do této skupiny řadíme reflexní modifikaci dýchání, čímž rozumíme stimulaci spontánní dechové motoriky z reflexních zón hrudníku a pánve s cílem správného timingu zapojení svalů hlubokého stabilizačního systému páteře a přímé aktivace svalů oblasti břicha a pasu pro jejich včasné zapojení do aktivního výdechu (Smolíková, 2017a; Smolíková et al., 2005).

Další oblastí RFT je *kontrola kašle a usnadnění expektorace* (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace). Je samozřejmé, že kašel je jeden z nejdůležitějších obranných mechanismů dýchacích cest při jejich onemocnění a vzniká jako reakce na podráždění bronchiálních stěn. Důležité je ale umět rozeznat stav, kdy již kašel neplní svou fyziologickou funkci a stává se tak patologickým. Stejně tak důležité je rozpoznat, o jaký typ kašle se jedná, jak dlouho trvá a zda dochází ke tvorbě sputa (například u pacientů s CHOPN je typický chronický kašel s vysokou produkcí sputa). Díky těmto údajům jsme schopni získat cenné informace ohledně zdravotního stavu pacienta. Terapií první volby v rámci RFT jsou airway clearance techniques (ACT), často v kombinaci s inhalací mukolytik. Mezi techniky s největším efektem patří autogenní drenáž a oscilující PEP systém dýchání (př. PARI O PEP, Acapella, RC Cornet) (Smolíková, 2017a). Pro usnadnění expektorace je možnost využít dalších ACT, například aktivní cyklus dechových technik, v rámci kterého je pacient instruován ohledně cvičení na zvýšení pružnosti hrudníku a techniky silového výdechu s huffingem. Metodou volby může být i polohová drenáž. Pokud je porušena výdechová fáze kašle, ať už z důvodu snížení síly výdechových svalů či bronchokolapsibility, můžeme využít výdech přes expirační trenažery (př. Threshold PEP, TheraPEP, PEP maska). Pokud je u pacienta zjištěna porucha nádechové fáze kašle, využívá se inspiračních trenažerů pro aktivaci nádechového svalstva (př. POWERbreathe, Treshold IMT, CliniFlo), případně mechanická podpora nádechu s využitím ambuvaku či mechanické insuflace (Cough Assist) (Smolíková et al., 2005).

S výše uvedeným souvisí další oblast RFT, a to je *aktivace dýchacích svalů* (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace). K tomu jsou využívány již výše uvedené nádechové či výdechové trenažery, jejichž cílem je posílení dechového svalstva za účelem snížení dušnosti, zefektivnění expektorace a zvýšení fyzické kondice. Dle standardu plicní rehabilitace by měl být trénink dechového svalstva zařazen do programu každého pacienta, jehož síla dechových svalů je nižší než 80% náležité hodnoty. Standard dále uvádí, že dle cíle terapie můžeme volit mezi silovým a vytrvalostním tréninkem. Silový trénink se provádí ve vyšší intenzitě (30-80% P_{Imax}/P_{E_{max}}) po kratší dobu. Vytrvalostní trénink se na rozdíl od silového provádí na nižších intenzitách (15-30% P_{Imax}/P_{E_{max}}) po delší čas. Nastavení hodnoty odporu na výdechovém trenažeru je podrobněji popsáno v kapitole 2.4 Trénink nádechového svalstva. Obdobný postup je i při stanovování hodnoty odporu u výdechových trenažerů. Počet opakování dechů proti odporu a celková doba tréninku je stanovena individuálně dle cíle terapie a zdravotního stavu pacienta (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

V kompetenci fyzioterapeuta je i *nácvik inhalace*. Inhalace je prováděna formou nebulizace či humidifikace a úkolem fyzioterapeuta je kontrola správné inhalační techniky. Dále seznamuje pacienta s možností kombinace inhalační léčby s dechovými trenažery, jejichž úkolem je usnadnění expektorace a zamezení kolapsu bronchů během expira (Smolíková, 2017a; Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

Do RFT spadá také neméně důležitý *předpis dechových pomůcek*. Dechovou pomůcku obvykle doporučuje fyzioterapeut, předpis mají v kompetenci lékaři z oboru pediatrie, alergologie, neurologie, rehabilitace a pneumologie. Mezi dechové pomůcky, které lze předepsat, se řadí Threshold, PARI O PEP, Flutter VRP1, PEP S system, RC Cornet, Shaker classic, Shaker De Luxe, Shaker Medic a POWERbreathe Medic (podle ústního sdělení Marka Lekeše, DiS. (fyzioterapeut, Pneumologická klinika FN Motol) dne 23. března 2018).

4.2.3.2 Další fyzioterapeutické metody a techniky

Vedle hlavních, pro pacienta zásadních kroků fyzioterapeutické intervence, mezi které patří respirační fyzioterapie a vhodná pohybová aktivita v podobě silového a vytrvalostního tréninku, můžeme využít i další podpůrné metody a techniky. Indikovány jsou dle kineziologického vyšetření.

Jedny z nejčastěji využívaných metod jsou mobilizační techniky a techniky měkkých tkání. Prostřednictvím těchto technik ošetřujeme kůži, podkoží, fascie, svaly a klouby. U měkkých tkání se snažíme optimalizovat jejich napětí a obnovit protažitelnost a vzájemnou posunlivost. Pacienti s dechovými obtížemi často trpí funkčními poruchami měkkých tkání zejména v oblasti hrudníku a jeho okolí z důvodu posturálního držení hrudního koše a jeho nedostatečného rozvíjení. Omezení jejich pohyblivosti však může pacienta v dýchání sekundárně limitovat a zhoršovat tak dechové obtíže. Obdobně je to s kloubními spoji hrudního koše, jejichž funkční blokády tak vznikají v návaznosti na omezenou hybnost hrudníku i okolních měkkých tkání. Všechny tyto struktury se navzájem ovlivňují a je tedy důležité provádět tyto techniky současně (Lewit, 2003).

Další často využívanou technikou je senzomotorická stimulace. Stimulace se provádí za účelem zlepšení stability stoje a obecně rovnováhy při pohybu. Toto se děje zejména díky zapojení bránice do její posturální funkce a s tím spojené změně jejího postavení. Cílem senzomotorické stimulace je snížení rizika pádů, které je u pacientů s CHOPN vyšší než u stejně starých zdravých jedinců. Důvodem může být již výše zmíněná dysfunkce bránice, myopatie kosterního svalstva či celková dekondice (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

Pro cílenější práci s bránicí a její aktivaci do posturální funkce je s výhodou využití Dynamické Neuromuskulární Stabilizace (DNS). Tento terapeuticko-diagnostický koncept založený na cvičení v polohách daných vývojevou kineziologií pomáhá pacientům s respiračním onemocněním zlepšit řízení motoriky posturálně-lokomočních funkcí a tím tak pozitivně ovlivnit dechový stereotyp. Toto se děje prostřednictvím aktivace a koordinace svalových souher, a to zejména v oblasti trupu, jehož správná funkce podporuje postavení a dynamiku hrudníku. Dostatečná stabilizace trupu je pro pacienty s respiračním onemocněním důležitá nejen z hlediska dechových funkcí, ale zároveň jako prevence dalších komplikací zejména v podobě bolestí zad (Kolář, 2012).

Vedle těchto nejpoužívanějších technik je také možnost využít aktivaci pomocí Vojtovy reflexní lokomoce nebo propioceptivní neuromuskulární facilitace.

4.2.4 Pohybová léčba

U pacientů s CHOPN dochází z důvodu manifestace jednotlivých symptomů onemocnění k intoleranci pohybové zátěže. Pacient při pohybové aktivitě pociťuje diskomfort, a proto ji omezuje. Jako odpověď na tuto situaci dochází k dalšímu prohloubení symptomů, dalšímu omezení pohybu a zhoršení fyzické kondice. Pacient je zacyklen v několika navzájem se potencujících faktorech a jeho kvalita života klesá. Vystoupit z tohoto kruhu umožňuje pacientovi celý program plicní rehabilitace, do kterého je zakomponována i vhodně volená pohybová aktivita v podobě silového či vytrvalostního tréninku (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace). Níže jsou zmíněny hlavní faktory vedoucí ke snížení tolerance tělesné zátěže a také možnosti léčebné rehabilitace, které pomáhají se na tuto zátěž adaptovat.

4.2.4.1 Faktory limitující tělesnou zátěž

Jedním z hlavních limitujících faktorů tělesné zátěže je *dušnost*, tedy subjektivně vnímaný nepříjemný pocit dechové tísně. Dušnost je nejčastěji vyvolána ztíženým vylučováním zvýšeného množství CO₂, který je kumulován z důvodu vyššího svalového metabolismu. Ten je způsoben zejména zvýšenými požadavky na ventilaci vyvolanými podstatou chronického respiračního obstrukčního onemocnění (viz kapitolu 1 Chronická obstrukční plicní nemoc). Pacient je tak oproti zdravému jedinci nucen při stejné pohybové aktivitě ventilovat daleko více, výkonnostně mu však nestačí. Tím dochází ke zvýšené ventilaci mrtvého prostoru a k postupné alveolární hypoventilaci. Dalším faktorem pro zhoršenou adaptaci organismu na tělesnou aktivitu je nedostatečná odpověď ventilace na rostoucí zátěž. Oproti zdravému člověku u nemocného nedochází ke kontinuálnímu růstu ventilace a poklesu odporu dýchacích cest. Na tento stav reaguje kardiopulmonální systém zvýšením srdeční frekvence, která stoupá více než u zdravých a po ukončení zátěže je její pokles pomalejší. Je tedy jasné, že pacient s obstrukční chorobou plic není schopen uspokojit zvýšené metabolické nároky dechového i ostatního svalstva a jeho výkon se při větších intenzitách zátěže nemůže rovnat výkonu zdravého jedince (Máček a Smolíková, 2002).

Na diskomfortu v průběhu pohybové aktivity se také podílí náročnost dechové práce. *Dechová práce* závisí na dvou parametrech: plicním objemu a nitrohrudním tlaku. Dle Máčka a Radvanského (2011) se náročnost dechové práce odvíjí od odporu dýchacích cest, proto jsou obstrukční choroby provázeny zvýšenou dechovou prací a to zejména při vyšších intenzitách zátěže, kdy jsou kladeny vyšší nároky na ventilaci.

Dýchací svaly zdravého jedince spotřebují při klidovém dýchání asi jen 3% z celkového příjmu O_2 , zatímco u pacienta s CHOPN může tato spotřeba vzrůst až na 20% a dýchací svaly se tak stávají limitujícím faktorem tělesné zátěže (Smolíková a Máček, 2006). Tento jev je častěji viditelný právě u poruch dýchání. Kromě zvýšeného odporu v dýchacích cestách může být důvodem také ventilace v krajních polohách, tzn. prohloubený výdech, případně nádech. U těchto druhů dechových cvičení je nutno dbát zvýšené opatrnosti, protože snadněji dojde k únavě dýchacích svalů, která může být spouštějícím faktorem dušnosti (Máček a Radvanský, 2011).

Únava dýchacích svalů je vyústěním nerovnováhy mezi příjmem a výdejem energie ve prospěch výdeje, která vzniká z výše uvedených důvodů: neekonomická dechová frekvence, přetrvávající zvýšený odpor v dechových cestách a ventilace mrtvého prostoru. K únavě dýchacích svalů, především bránice, jistě nepřispívá ani nevýhodné postavení hrudního koše a tím výchozí nastavení dýchacích svalů. Jejich únavu můžeme rozpoznat díky zrychlenému povrchnímu dýchání či paradoxnímu pohybu břišní stěny, který ale není konstantním projevem. Únavu také značí pokles VC při změně polohy ze stoje do lehu, případně hodnocení doby relaxace bránice po prudkém nádechu.

Velkou roli mezi faktory limitujícími tělesnou zátěž také hraje již výše zmíněná *myopatie kosterního svalstva* (kapitola 1.5 Pohybový aparát). Kvůli zhoršené kapilarizaci a nižší kapacitě mitochondriální oxidace kosterních svalů dochází ke snížené extrakci O_2 v klidu i při zátěži. V návaznosti na tento stav dochází ke kumulaci laktátu ve svalu, který snižuje pH nejen ve svém okolí, ale později i v krvi. Organismus se snaží tento stav kompenzovat zvýšenou ventilací, čímž se dále zvyšují nároky dechové práce, prohlubuje únava dýchacích svalů a tím se zhoršuje i subjektivně vnímaná dušnost (Máček a Smolíková, 2002).

Důsledky pohybové inaktivity nevedou „pouze“ ke zhoršení již přítomných symptomů daného onemocnění. Dle Máčka a Radvanského (2011) dochází také ke snížené schopnosti maximálního příjmu O_2 a maximálního minutového výdeje, zvýšení srdeční frekvence při stejné intenzitě zátěže, regulačním poruchám v podobě ortostatické lability, zvýšení srážlivosti krve, dekalciifikaci kostní hmoty či negativní dusíkové bilanci z důvodu úbytku aktivní svalové hmoty a s tím spojené ztráty bílkovin. Ke změnám dochází i v metabolismu sacharidů v podobě snížené tolerance glukózy a snížené citlivosti inzulínových receptorů. Všechny tyto změny jsou patrné již po krátkodobém přerušování pravidelné pohybové aktivity.

4.2.4.2 *Silový a vytrvalostní trénink*

Dříve spíše upozaděný význam pohybové aktivity u pacientů s chronickým respiračním onemocněním se nyní dostává na roveň respirační fyzioterapie. Vyvážená kombinace obou těchto přístupů představuje maximální možný efekt pro pneumologické pacienty, a to jak v podobě lokálního okamžitého účinku pomocí technik RFT, tak dlouhodobého trvalejšího účinku díky pravidelné pohybové aktivitě (Máček a Smolíková, 2006).

Oba typy tréninku by měly zahrnovat mobilizaci velkých svalových skupin, a to zejména dolních, ale i horních končetin (Smolíková et al., 2005). U hospitalizovaných pacientů je cílem zahájit pohybovou aktivitu co nejdříve je to možné, aby nedošlo k výrazné dekonkci a doba hospitalizace byla tak co nejkratší. Trénink podstupují i ti pacienti, u nichž dochází během pohybové aktivity k desaturaci či trpí klidovou hypoxemií. V prvním případě pokud saturace klesá pod 85% je pacientovi po dobu tréninku ambulantně podáván suplementární O₂. Při klidové hypoxemii musí být pacient na dlouhodobé domácí oxygenoterapii a je tedy během pohybové aktivity monitorován. Průtok O₂ je pacientovi uzpůsoben tak, aby nedošlo během tréninku k desaturaci.

Obecně je trénink zahájen zahřátím svalů a rozpohybováním kloubů jako příprava na pohybovou aktivitu. Důvodem je snížení rizika úrazu a zlepšení výkonnosti během následující aktivity. Podobně je trénink zakončen zklidněním a protažením namáhaných svalových skupin. Co se týče silového tréninku, díky svému efektu v podobě posílení kontraktálního aparátu svalových vláken se využívá zejména u pacientů se sníženou silou kosterního svalstva (Smolíková et al., 2005). Dále je vhodný také u pacientů se zvýšeným rizikem nebo výskytem osteopenie či osteoporózy. Podstatou silového tréninku je cvičení proti odporu, které by mělo být cíleno na hlavní svalové skupiny ramenních a pánevních pletenců. Odpořem je zpočátku vlastní váha těla nebo končetin. Jako optimální intenzitu udává Standard plicní rehabilitace 2-4 série cviků po 8-12 opakováních, frekvence ideálně 2-3x týdně. Podobné hodnoty udává i Máček a Radvanský (2011). Pacient nejprve zvyšuje počet opakování se stejným odpořem, až následně dochází ke zvýšení odporu a snížení počtu opakování. Po ukončení hospitalizace by měl být pacient odeslán do ambulantního rehabilitačního programu (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

Vytrvalostní trénink slouží ke zvýšení enzymatické metabolické kapacity svalových vláken spojené s výdejem energie. Dochází ke zvýšení oxidativní kapacity pomalých oxidativních vláken typu I a zároveň k transformaci rychlých glykolytických vláken typu IIb na více oxidativní typ IIa (Smolíková et al., 2005). Do vytrvalostního tréninku řadíme včasnou vertikalizaci a mobilizaci pacienta s postupným prodlužováním doby trvání dané aktivity. Cílem vytrvalostního tréninku je zvýšení výkonnosti zejména svalů dolních končetin, ideální je však zapojit do tréninku i svalstvo horních končetin. Zpočátku pacient začíná prostou chůzí s využitím pomůcky nebo bez ní. Při chůzi je žádoucí, aby se pacient svým tempem dostal minimálně na tempo dosažené při vstupním vyšetření a postupem času prodlužoval dobu chůze až na 20-30 minut. Mimo chůzi může pacient do vytrvalostního tréninku zařadit i jízdu na rotopedu. Zde se na rozdíl od chůze nezvyšuje doba trvání aktivity, ale odpor. Mezi další pomůcky pro vytrvalostní trénink patří běhátko, krosový trenážér nebo ruční ergomed. Během vytrvalostního tréninku je stejně jako u silového nutno monitorovat saturaci a tepovou frekvenci, a dále kontrolovat subjektivní symptomy, zejména dušnost a vnímané úsilí. Pro oba symptomy se využívá hodnocení dle Borga. Optimální hodnoty dušnosti během tréninku se při hodnocení dušnosti na škále 0-10 pohybují v rozmezí 4-6, při hodnocení vnímaného úsilí na škále 6-20 jsou pak optimální hodnoty v rozmezí 13-15. Optimální frekvence vytrvalostní aktivity je 3-5x týdně.

Vytrvalostní aktivita však není vhodná pro všechny pacienty. Problém představuje zejména pro ty, kteří nejsou pro respirační tíseň schopni vykonávat kontinuální aktivitu po dobu alespoň 5 minut. Z tohoto důvodu je pro tyto pacienty vhodnější intervalový trénink s adekvátní dobou trvání aktivity a pauzy. Ta je prostředkem pro zmírnění symptomů onemocnění a doba tréninku tak může být prodloužena. Pauza by však neměla trvat déle než 1 minuta a interval dané aktivity by měl být minimálně stejně dlouhý, případně ještě delší než pauza. Stejně jako u vytrvalostního tréninku se pacient snaží postupně prodlužovat délku trvání aktivity, případně zvyšovat zátěž.

Po zakončení programu plicní rehabilitace je provedeno výstupní vyšetření, které stanoví nové parametry vytrvalostní zátěže. Pacient by měl být tedy motivován do pokračování v rozběhnutém tréninku a v ideálním případě dosáhnout kontinuální pohybové aktivity po dobu 30-60 minut (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

4.2.4.3 *Adaptace organismu na tělesnou zátěž*

Adaptace *oběhového systému* se odehrává zejména na úrovni vegetativního systému. Tonus sympatiku klesá, rezistence periferních cév se snižuje a srdce tak není nuceno pumpovat krev proti vyššímu odporu. Tlak krve klesá a jeho vzestup při zátěži není tak vysoký. Zároveň dochází k vyššímu venóznímu návratu, srdce se lépe plní krví a je schopno dosáhnout většího minutového objemu. V návaznosti na tyto děje se snižují hodnoty srdeční frekvence jak v klidu, tak při zátěži. Po několika měsících dochází ke změnám i na samotném srdci. To se regulačně dilatuje a je tak schopno lepšího výkonu v podobě vysokého minutového výdeje i při vysoké srdeční frekvenci. Jeho spotřeba O_2 je však při stejném výkonu nižší a práce je tak vysoce ekonomická. Pohybová aktivita příznivě ovlivňuje i krevní obraz, ať už z pohledu nižší srážlivosti krve, příznivějšího lipidového profilu či zvýšeného množství transportovaného O_2 . Na úrovni svalu se pohybová aktivita příznivě odráží v hustotě kapilární sítě a několikanásobně zvýšené aktivitě oxidativních enzymů (Máček a Radvanský, 2011).

Adaptace *dýchacího ústrojí* je neodmyslitelně spjata se změnami v oběhovém systému. Zvýšená aktivita oxidativních enzymů má za následek omezení anaerobní glykolýzy, čímž klesá produkce laktátu. Dýchací systém tak není nucen kompenzovat metabolickou acidózu, nároky na dechovou práci nejsou tak vysoké a zátěžová dušnost se snižuje. Aerobní způsob získávání energie navíc zajistí lepší využitelnost O_2 a tím sníží potřebu ventilace. I přes přetrvávající obstrukci se zlepšují hodnoty funkčního zátěžového vyšetření, které poukazují právě na adaptaci výše zmíněných periferních oběhových a svalových faktorů (Smolíková a Máček, 2006).

Metabolická adaptace se projevuje zejména zvýšeným využíváním tuků a omezeným spalováním svalového glykogenu. Důsledkem je pokles produkce katecholaminů, zvýšená citlivost jater, svalů a tukové tkáně na inzulín a tedy nižší hladina plazmatické hladiny glukózy i inzulínu. Tato adaptace je však krátkodobá, proto je nutná pravidelnost pohybové aktivity, zejména vytrvalostního rázu (Máček a Radvanský, 2011).

4.2.4.4 Porucha adaptace na zátěž u pacientů po LuTx

U pacientů po transplantaci plic není možné očekávat tak zvýšenou adaptaci na tělesnou zátěž jako u zdravého jedince. Přestože dojde ke zlepšení dodávky O₂ i mechaniky dýchání, zhoršená výkonnost stále přetrvává a je tedy důležité myslet i na další možné příčiny tohoto stavu. Jednou z nich je dlouhodobá imunosuprese cyklosporinem, který poškozuje některá svalová vlákna. Podobně je tomu i při dlouhodobém podávání glukokortikoidů. Hlavním ukazatelem snížené výkonnosti je nízká spotřeba O₂ a malý vzestup srdeční frekvence s přetrvávajícími změnami na periférii vyvolanými jak dekondicí, tak periferní svalovou dysfunkcí (Smolíková a Máček, 2006).

4.2.5 Ergoterapie

Obecně se ergoterapie zaměřuje na provádění aktivit běžných denních činností (activity of daily living, ADL) s cílem využití maximálního funkčního zdraví pacienta a zajištění tak co nejvyšší míry jeho soběstačnosti v rámci možností s ohledem na jeho onemocnění. Snaží se tak pacientovi poskytnout kompenzaci, ať už v podobě pomůcek či náhradních mechanismů ke zvládnutí sebeobslužných situací. Takto ergoterapie postupuje i u pacientů s respiračním onemocněním, kdy se snaží najít takový postup vedoucí ke zvládnutí situace, který vyvolává co nejmenší symptomy daného onemocnění, zejména tedy dušnost. Udržení či obnova maximální nezávislosti pacienta určuje jeho kvalitu života a sociální participaci (Česká asociace ergoterapeutů, 2015).

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že ergoterapeutická intervence je důležitá u aktivit, které jsou nejvíce limitovány dušností nebo svalovou slabostí. Tyto aktivity je nutné si na začátku rehabilitačního programu ozřejmit, ideálně pomocí speciálních testů (př. Barthel Index, Test funkční soběstačnosti - FIM, Frenchayský test paže), případně dotazníků (př. St. George's Respiratory Questionnaire) (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace). Míru funkčního zdraví a disability posuzuje také Mezinárodní klasifikace funkčních schopností, disability a zdraví. Zabývá se hodnocením nejen tělesných struktur a funkcí, ale zároveň personálními ADL, jako je například oblékání a hygiena, a instrumentálními ADL, tedy schopnostmi jedince integrovat se do společnosti a překonávat překážky prostředí (Švestková a Pfeiffer, 2009).

Po důkladném vstupním vyšetření je terapie zaměřena právě na nácvik problematických činností. Společně s tím jsou pacientovi doporučeny kompenzační pomůcky nebo úpravy prostředí, které pomohou s usnadněním provedení dané činnosti. Pacient je také instruován ohledně správného dýchání během vykonávání aktivity a ohledně zaujímání vhodných úlevových poloh (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

4.2.6 *Nutriční poradenství*

Parametry váhy pacienta se stanovují nejčastěji pomocí Body Mass Indexu (BMI), který ale nevypovídá nic o tělesném složení, tedy o poměru tukové a netukové tkáně. Toto se dá zjistit pomocí celotělové duální rentgenové absorpciometrie (DEXA), bioelektrické impedance (BIA), případně kaliperometrií nebo dalšími antropometrickými vyšetřeními (Zavadilová, 2014).

Pacienti s chronickým respiračním onemocněním mají často snížené množství netukové hmoty, zejména svaloviny, a naopak zvýšené množství tukové tkáně. V jiném případě mohou být sníženy obě složky a pacient je tak kachektický. Vhodnějším prediktorem mortality než BMI je právě stanovení množství svaloviny, což je také dobrým ukazatelem úspěchu rehabilitace. Vhodně koncipovaná strava a správná pohybová aktivita mohou tak výrazně zlepšit prognózu celého rehabilitačního programu (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

4.2.7 *Psychosociální poradenství*

U pacientů s chronickým respiračním onemocněním jsou velmi časté poruchy psychického stavu v podobě úzkostí a depresí, které negativně ovlivňují prognózu pacienta. Lehké psychické poruchy řeší psycholog, těžší stavy patří do rukou psychiatra. Pokud je snížena schopnost sebeobsluhy v rámci ADL, je nutné, aby byl pacient přesměrován na sociální služby, které pacientovi pomohou zajistit asistenci při problematických činnostech, případně vyřešit další sociální otázky (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, Standard plicní rehabilitace).

PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE A HYPOTÉZY

5.1 Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce bylo pomocí randomizované kontrolní studie prokázat vliv inspiračního trenažeru POWERbreathe Medic Plus na sílu nádechového svalstva pacientů s CHOPN a tím tak na změnu dynamiky hrudníku. Prostřednictvím tohoto efektu jsme chtěli zjistit vliv na změnu plicních funkcí.

5.2 Hypotézy

V rámci studie jsme si stanovili tyto hypotézy:

Hypotéza 1 (H1):

H1₀: Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje sílu nádechového svalstva.

H1_A: Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje sílu nádechového svalstva.

Hypotéza 2 (H2):

H2₀: Inspirační trenažer POWERbreathe nezlepšuje spirometrické hodnoty plicních funkcí.

H2_A: Inspirační trenažer POWERbreathe zlepšuje spirometrické hodnoty plicních funkcí.

Hypotéza 3 (H3):

H3₀: Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním nádechu.

H3_A: Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním nádechu.

Hypotéza 4 (H4):

H4₀: Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.

H4_A: Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.

Hypotéza 5 (H5):

H5₀: Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje xiphosternální obvod hrudníku při maximálním nádechu.

H5_A: Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje xiphosternální obvod hrudníku při maximálním nádechu.

Hypotéza 6 (H6):

H6₀: Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje xiphosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.

H6_A: Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje xiphosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.

Hypotéza 7 (H7):

H7₀: Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje respirační amplitudy hrudníku v mezosternální oblasti.

H7_A: Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje respirační amplitudy hrudníku v mezosternální oblasti.

Hypotéza 8 (H8):

H8₀: Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje respirační amplitudy hrudníku v xiphosternální oblasti.

H8_A: Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje respirační amplitudy hrudníku v xiphosternální oblasti.

Hypotéza 9 (H9):

H9₀: Zvýšení VC_{in} má menší efekt na zvýšení FEV₁ u skupiny STIM oproti skupině NOSTIM.

H9_A: Zvýšení VC_{in} má větší efekt na zvýšení FEV₁ u skupiny STIM oproti skupině NOSTIM.

6 METODIKA

6.1 Charakteristika souboru

Studie se zúčastnilo celkem 18 pacientů s diagnostikovanou CHOPN IV. stupně. V souboru bylo 6 žen a 12 mužů ve věku od 48 do 70 let (59.8 ± 5.53). Pro účely této práce byli vybráni pacienti, kteří v době intervence byli hospitalizováni v rámci předtransplantačního vyšetření na lůžkovém oddělení Pneumologické kliniky 2. LF UK a FN Motol.

Z 18 probandů bylo 10 ($n=10$) zařazeno do skupiny „STIM“, 8 pacientů ($n=8$) pak do skupiny „NOSTIM“. Obě skupiny absolvovaly standardní rehabilitaci v rámci předtransplantačního vyšetření. U skupiny „STIM“ pak byl během hospitalizace aplikován inspirační trenažer POWERbreathe Medic Plus. Všichni probandi byli seznámeni s průběhem intervence.

Všichni probandi zařazení do této studie museli splňovat stejné podmínky:

- Diagnostikovaná CHOPN ve IV. stadiu
- Hospitalizace na lůžkovém oddělení Pneumologické kliniky 2. LF UK a FN Motol
- Minimální doba hospitalizace 14 dní
- Indikace k LuTx

6.2 Průběh studie

Práce byla provedena jako randomizovaná kontrolní pilotní studie. Studie byla započata v lednu roku 2017 vyšetřením prvního pacienta, který byl zařazen do skupiny STIM. Dále jsme pozvali do studie každého pacienta hospitalizovaného na Pneumologické klinice 2. LF UK v rámci předtransplantačního vyšetření. Studie byla ukončena na konci března 2018. Žádný z pacientů ze studie neodstoupil.

Vyšetření probandů probíhalo 1. a 14. den hospitalizace, obdobně pro obě skupiny. Čas vyšetření nebylo možné kvůli dalším konziliárním vyšetřením pacientů pevně stanovit. Ukázky vyšetření a jejich zaznamenání jsou uvedeny v Příloze 1-5.

Vyšetřované parametry byly síla nádechového svalstva (SIndex), plicní funkce (VCin, FEV1, FVC a PIF) a mezosternální a xiphosternální obvody hrudníku při maximálním nádechu a výdechu. Pomocí těchto změřených parametrů jsme chtěli zjistit, zda se projeví vliv inspiračního trenažeru POWERbreathe, aplikovaného u skupiny STIM, na sílu nádechového svalstva, dynamiku hrudníku a plicní funkce.

6.2.1 Fyzioterapie v rámci hospitalizace

Obě skupiny pacientů podstoupili v rámci hospitalizace běžně užívanou formu fyzioterapie zahrnující ovlivnění funkčních změn, respirační fyzioterapii, kondiční cvičení, vytrvalostní trénink a cvičení na aktivaci hlubokého stabilizačního systému. Techniky měkkých tkání byly provedeny v podobě uvolnění kůže a fascií hrudníku, uvolnění svalů v hypertonu a protažení zkrácených svalů. Dále byla dle kineziologického vyšetření provedena mobilizace kloubních spojů hrudníku a páteře. Základem rehabilitace těchto pacientů pak byla zejména respirační fyzioterapie. U pacientů s CHOPN jsme se zaměřili na zmírnění zahlenění a účinnou expektoraci, k čemuž jsme využili autogenní drenáž a výdechový trenažer PARI O PEP. Dále jsme pacienty instruovali ohledně prevence bronchokolapsibility pomocí dýchání přes ústní brzdu, tzv. PEP systém dýchání. Neméně důležité bylo cvičení na zvýšení pružnosti hrudníku a reedukace dechového vzoru pomocí reflexně modifikovaného dýchání. Všichni pacienti také absolvovali kondiční cvičení, vytrvalostní trénink na rotopedu a aktivaci hlubokého stabilizačního systému páteře pomocí poloh z vývojové kineziologie s nácvikem nitrobřišního tlaku.

6.2.2 Aplikace POWERbreathe

K výše uvedenému měla skupina STIM do rehabilitačního programu dvakrát denně (mimo víkendy) zařazen nádechový trenažer POWERbreathe. Pacienti byli ohledně užívání přístroje instruováni dle uživatelského manuálu. Intenzita zátěže byla stanovena v návaznosti na úvodní vyšetření a tvořila 30-40% maximální síly nádechového svalstva. Dále se výše tréninkové zátěže zvyšovala o půlotáčku každý den po dobu 7 dnů až na úroveň 60 % počáteční maximální síly nádechového svalstva pacienta. Následoval týdenní trénink na této úrovni. Pacienti byli instruováni o provádění 15 hlubokých rychlých nádechů do maxima, následovaných lehkým pomalým výdechem do úplného vyprázdnění plic.

Po uplynutí 2 dnů se počet nádechů zvýšil na 30. Postupné zvyšování počtu nádechů jsme zvolili s ohledem na diagnózu pacientů. Trénink byl prováděn v korigovaném sedu na lůžku.

6.3 Průběh vyšetření

Všichni probandi absolvovali spirometrické vyšetření (metodou křivky průtok/objem), ze kterého jsme pro účely této práce využili hodnoty VCin, FEV1, FVC a PIF jako parametry vhodné k určení prognózy onemocnění.

Následně byla pacientovi pomocí přístroje POWERbreathe KH1 změřena síla nádechového svalstva (SIndex) a PIF. Pacienti měli za úkol provést 5 maximálních rychlých nádechů po klidném a úplném výdechu. Původním plánem bylo vybrat do této studie průměrnou hodnotu všech nádechů, tyto hodnoty však byly zkresleny dalšími „dodechnutími“ na konci maximálního nádechu, které přístroj detekoval jako další nádechy o velmi nízké síle inspiračního svalstva. Proto jsme jako výpovědní hodnotu vzali nejlepší dosažený výsledek.

Nakonec bylo provedeno měření rozvíjení hrudníku pomocí krejčovského metru v mezosternální a xiphosternální oblasti hrudníku při maximálním nádechu a výdechu. Toto měření prováděla u všech pacientů stejná osoba.

6.4 Analýza dat a statistické zpracování

Všechna získaná data byla vyhodnocena v rámci vnitroskupinového i meziskupinového rozdílu pomocí testu ANOVA pro opakovaná měření s párovým t-testem. Hladinu významnosti jsme stanovili $p=0.05$.

Pro ověření hypotézy H1 („ $H1_0$: Inspirační trenážer POWERbreathe nezvyšuje sílu nádechového svalstva.“ / „ $H1_A$: Inspirační trenážer POWERbreathe zvyšuje sílu nádechového svalstva.“) jsme sledovali parametr SIndex, tedy jeho změnu mezi 1. a 2. Parametr SIndex vypovídá o síle nádechového svalstva.

Pro ověření hypotézy H2 („ $H2_0$: Inspirační trenážer POWERbreathe nezlepšuje spirometrické hodnoty plicních funkcí.“ / „ $H2_A$: Inspirační trenážer POWERbreathe zlepšuje spirometrické hodnoty plicních funkcí.“) jsme sledovali parametry FEV1, VCin, FVC a PIF a jejich změnu mezi 1. a 2. měřením. Tyto plicní funkce jsme vybrali z důvodu výpovědní hodnoty o změně progresu onemocnění (zejm. FEV1) a jako prognostický faktor dalšího vývoje.

Pro ověření hypotézy H3 („*H3₀*: Inspirační trenážer POWERbreathe nezvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním nádechu.“ / „*H3_A*: Inspirační trenážer POWERbreathe zvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním nádechu.“) jsme sledovali hodnoty obvodů hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním nádechu a jejich změnu mezi 1. a 2. měřením.

Pro ověření hypotézy H4 („*H4₀*: Inspirační trenážer POWERbreathe nezvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.“ / „*H4_A*: Inspirační trenážer POWERbreathe zvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.“) jsme sledovali hodnoty obvodů hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním výdechu a jejich změnu mezi 1. a 2. měřením.

Pro ověření hypotézy H5 („*H5₀*: Inspirační trenážer POWERbreathe nezvyšuje xiphosternální obvod hrudníku při maximálním nádechu.“ / „*H5_A*: Inspirační trenážer POWERbreathe zvyšuje xiphosternální obvod hrudníku při maximálním nádechu.“) jsme sledovali hodnoty obvodů hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním nádechu a jejich změnu mezi 1. a 2. měřením.

Pro ověření hypotézy H6 („*H6₀*: Inspirační trenážer POWERbreathe nezvyšuje xiphosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.“ / „*H6_A*: Inspirační trenážer POWERbreathe zvyšuje xiphosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.“) jsme sledovali hodnoty obvodů hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním výdechu a jejich změnu mezi 1. a 2. měřením.

Pro ověření hypotézy H7 („*H7₀*: Inspirační trenážer POWERbreathe nezvyšuje respirační amplitudy hrudníku v mezosternální oblasti.“ / „*H7_A*: Inspirační trenážer POWERbreathe zvyšuje respirační amplitudy hrudníku v mezosternální oblasti.“) jsme sledovali hodnoty respiračních amplitud v mezosternální oblasti, tedy rozdíl mezi maximálním nádechem a výdechem. Tímto údajem jsme na rozdíl od hodnot maximálního nádechu a výdechu chtěli zjistit změnu v objemu vnitřního prostoru hrudníku v rámci jednotlivých skupin.

Pro ověření hypotézy H8 („*H8₀*: Inspirační trenážer POWERbreathe nezvyšuje respirační amplitudy hrudníku v xiphosternální oblasti.“ / „*H8_A*: Inspirační trenážer POWERbreathe zvyšuje respirační amplitudy hrudníku v xiphosternální oblasti.“) jsme sledovali hodnoty respiračních amplitud v xiphosternální oblasti, tedy rozdíl mezi maximálním nádechem a výdechem. Tímto údajem jsme obdobně jako u respiračních amplitud v mezosternální oblasti cílili na změnu v objemu vnitřního prostoru hrudníku v rámci jednotlivých skupin.

Pro ověření hypotézy H_9 („ H_{9_0} : Zvýšení VC_{in} má menší efekt na zvýšení FEV_1 u skupiny *STIM* oproti skupině *NOSTIM*.“ / „ H_{9_A} : Zvýšení VC_{in} má větší efekt na zvýšení FEV_1 u skupiny *STIM* oproti skupině *NOSTIM*.“) jsme sledovali trendovou křivku změn VC_{in} a FEV_1 ve skupinách *STIM* a *NOSTIM* k objasnění vzájemného vlivu těchto dvou parametrů.

7 VÝSLEDKY

7.1 Ověření hypotézy H1

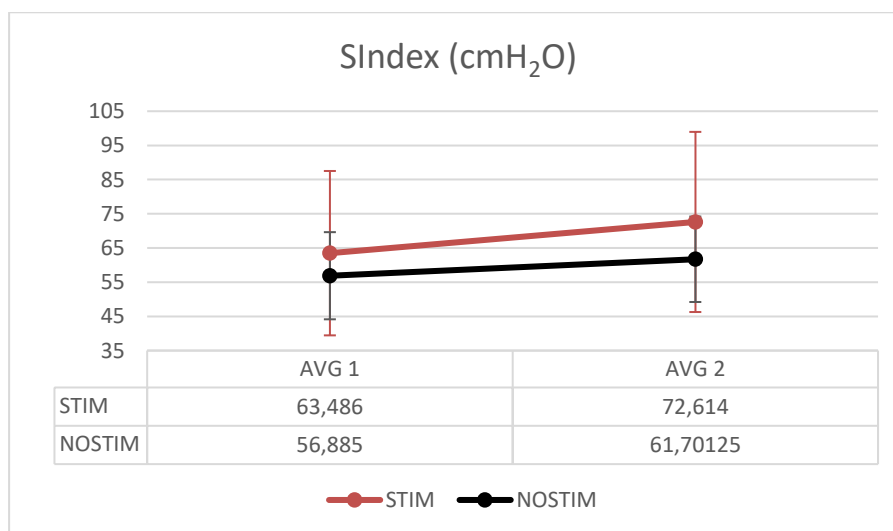
7.1.1 Vnitroskupinové porovnání

U H1 byla nulová hypotéza H_{10} ve znění „ H_{10} : Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje sílu nádechového svalstva.“ zamítnuta, zatímco alternativní hypotéza „ H_{1A} : Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje sílu nádechového svalstva.“ byla potvrzena. Důvodem bylo zaznamenání statisticky významného rozdílu ($p=0.000517$) v parametru SIndex u skupiny STIM.

U skupiny NOSTIM statisticky významný vnitroskupinový rozdíl zaznamenán nebyl ($p=0.0687$).

7.1.2 Meziskupinové porovnání

V rámci meziskupinového porovnání síly nádechového svalstva jsme nezaznamenali statisticky významný rozdíl ($p=0.192$) a H_{10} proto zamítnuta nebyla. Z dat naměřených v této studii tedy není možné tvrdit, že se skupině využívající POWERbreathe signifikantně zvýšila síla nádechového svalstva v porovnání se skupinou bez tohoto trenažeru.



Graf 1: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek parametru SIndex u skupiny STIM a NOSTIM (AVG 1 / 2 = průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

SIndex (cmH ₂ O)	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	24,03783	12,74481
SD 2. měření	26,34492	12,49488

Tabulka 2: Směrodatné odchylky parametru SIndex u skupiny STIM a NOSTIM

7.2 Ověření hypotézy H2

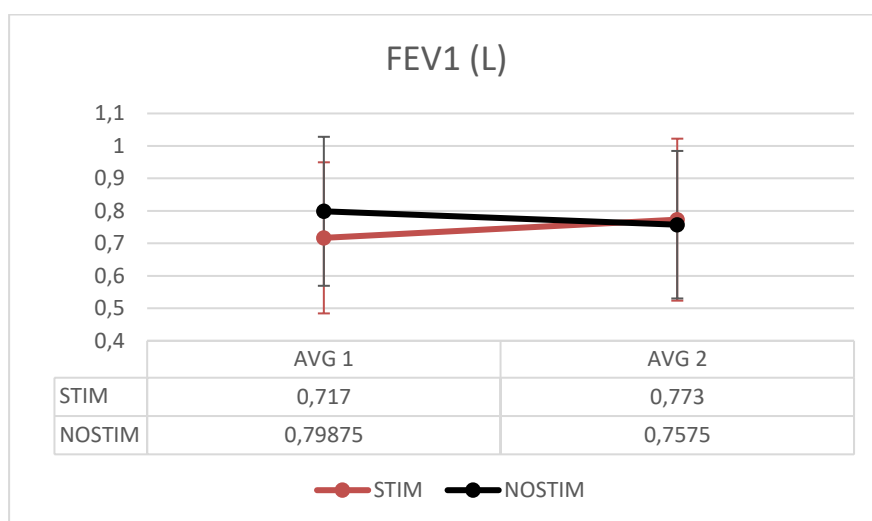
7.2.1 Vnitroskupinové porovnání

U H2 byla nulová hypotéza H_{20} ve znění „ H_{20} : Inspirační trenažer POWERbreathe nezlepšuje spirometrické hodnoty plicních funkcí.“ zamítnuta, zatímco alternativní hypotéza „ H_{2A} : Inspirační trenažer POWERbreathe zlepšuje spirometrické hodnoty plicních funkcí.“ byla potvrzena. Důvodem bylo zaznamenání statisticky významných rozdílů u všech plicních funkcí ve skupině STIM. Konkrétní zkoumané parametry byly FEV1 ($p=0,0480$), VCin ($p=0.00114$), FVC ($p=0.00191$) a PIF ($p=0.00038$).

U skupiny NOSTIM statisticky významný vnitroskupinový rozdíl zaznamenán nebyl u žádných z výše uvedených měřených parametrů: FEV1 ($p=0.151$), VCin ($p=0.244$), FVC ($p=0.381$), PIF ($p=0.056$).

7.2.2 Meziskupinové porovnání

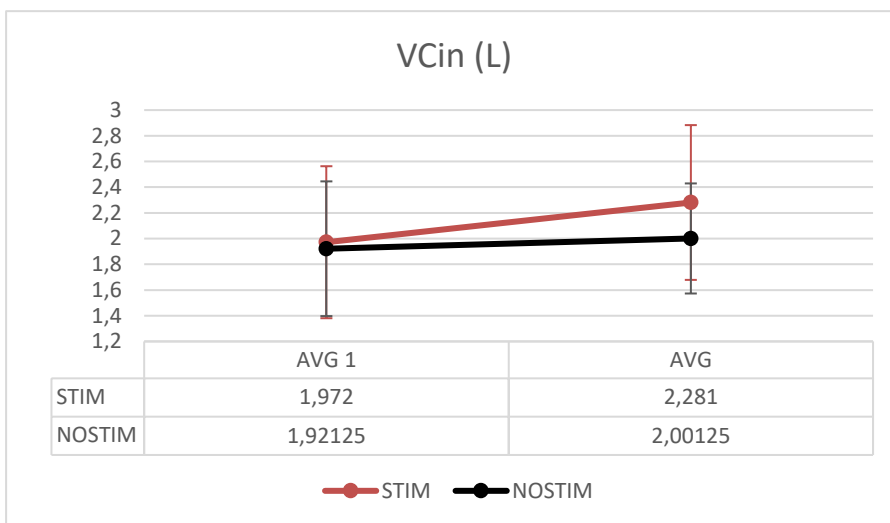
V rámci meziskupinového porovnání plicních funkcí jsme zaznamenali statisticky významný rozdíl pouze u FEV1 ($p=0.048$). U dalších plicních funkcí jsme statisticky významný rozdíl nezaznamenali: VCin ($p=0.0707$), FVC ($p=0.130$), PIF ($p=0.216$). Hypotézu H_{20} tedy nezamítáme. Z dat naměřených v této studii nemůžeme tvrdit, že se skupině využívající POWERbreathe signifikantně zlepšily plicní funkce VCin, FVC a PIF v porovnání se skupinou bez tohoto trenažeru.



Graf 2: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek parametru FEV1 u skupiny STIM a NOSTIM (AVG 1 / 2 = průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

FEV1 (L)	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	0,23259	0,2294
SD 2. měření	0,2494	0,2271

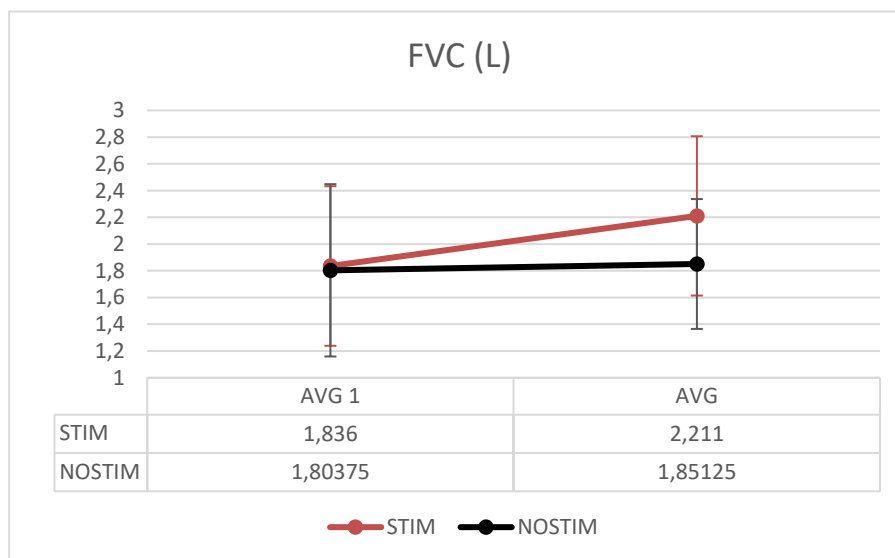
Tabulka 3: Směrodatné odchylky parametru FEV1 u skupiny STIM a NOSTIM



Graf 3: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek parametru VCin u skupiny STIM a NOSTIM (AVG 1 / 2 = průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

Vcin (L)	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	0,5914	0,5241
SD 2. měření	0,6022	0,4281

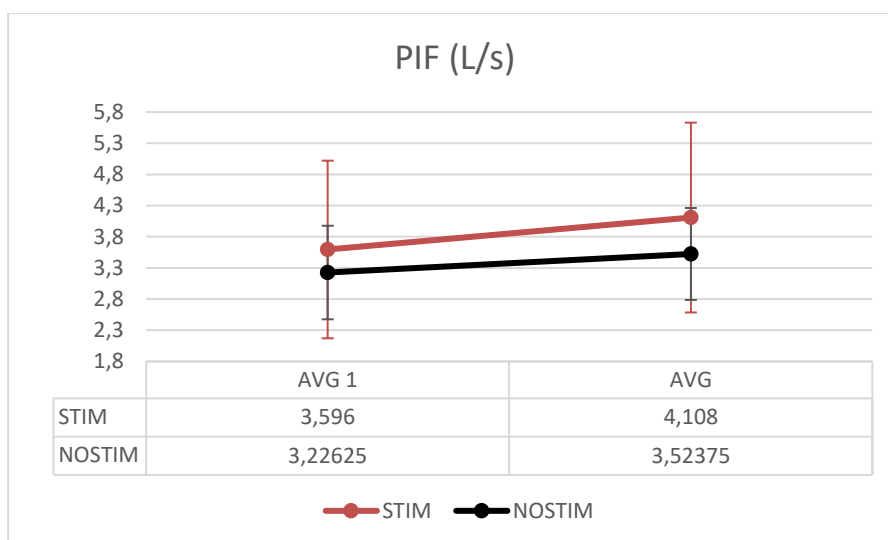
Tabulka 4: Směrodatné odchylky parametru VCin u skupiny STIM a NOSTIM



Graf 4: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek parametru FVC u skupiny STIM a NOSTIM (AVG 1 / 2 = průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

FVC (L)	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	0,596677	0,644553
SD 2. měření	0,595625	0,485707

Tabulka 5: Směrodatné odchylky parametru FVC u skupiny STIM a NOSTIM



Graf 5: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek parametru PIF u skupiny STIM a NOSTIM (AVG 1 / 2 = průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

PIF (L/s)	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	1,42474	0,750266
SD 2. měření	1,522483	0,73741

Tabulka 6: Směrodatné odchylky parametru PIF u skupiny STIM a NOSTIM

7.3 Ověření hypotézy H3

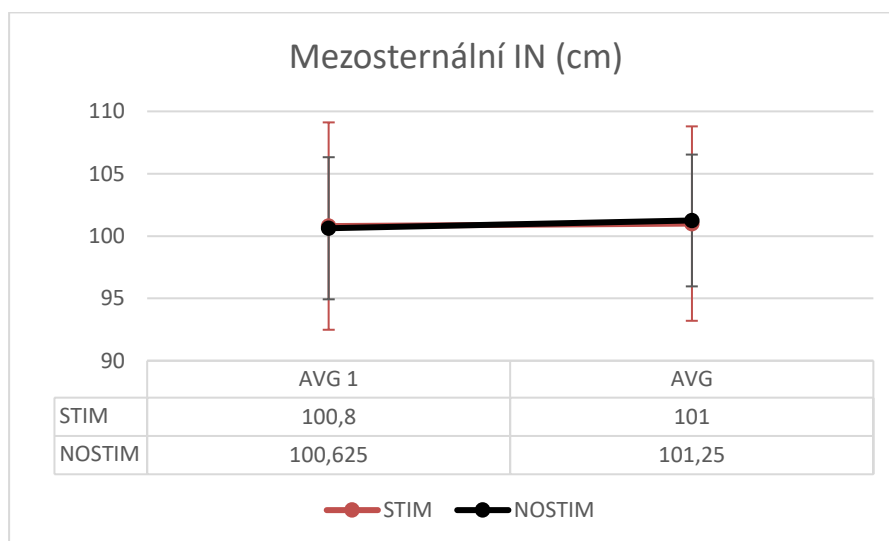
7.3.1 Vnitroskupinové porovnání

U H3 nebyla nulová hypotéza H_{30} ve znění „ H_{30} : Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním nádechu.“ zamítnuta. Důvodem nebylo zaznamenání statisticky významného rozdílu ($p=0.171$) v obvodech hrudníku mezosternální oblasti při maximálním nádechu u skupiny STIM.

Naopak u skupiny NOSTIM statisticky významný vnitroskupinový rozdíl zaznamenán byl ($p=0.0245$).

7.3.2 Meziskupinové porovnání

V rámci meziskupinového porovnání obvodů hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním nádechu jsme nezaznamenali statisticky významný rozdíl ($p=0.134$) a H_{30} proto zamítnuta nebyla. Z dat naměřených v této studii tedy není možné tvrdit, že se skupině využívající POWERbreathe signifikantně zvýšil obvod hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním nádechu v porovnání se skupinou bez tohoto trenažeru.



Graf 6: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním nádechu u skupiny STIM a NOSTIM ($AVG\ 1 / 2 =$ průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

Mezo IN (cm)	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	8,316249	5,699507
SD 2. měření	7,797435	5,285594

Tabulka 7: Směrodatné odchylky obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním nádechu u skupiny STIM a NOSTIM

7.4 Ověření hypotézy H4

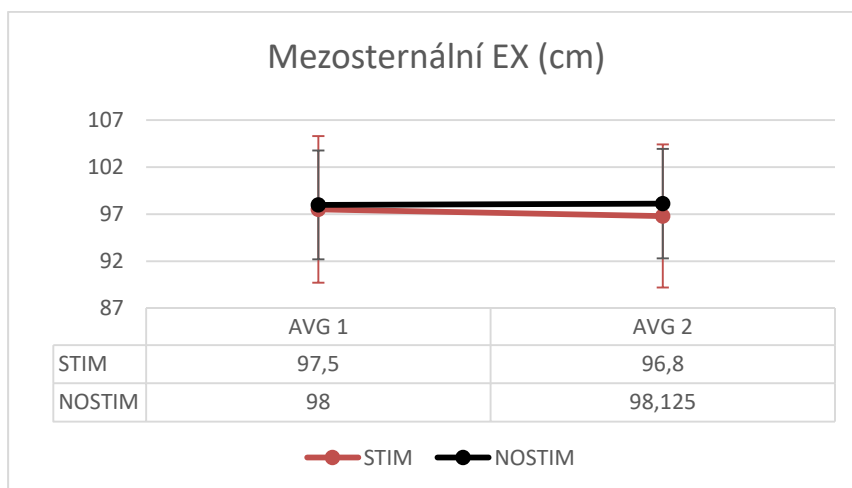
7.4.1 Vnitroskupinové porovnání

U H4 byla nulová hypotéza H_{40} ve znění „ H_{40} : Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.“ zamítnuta, zatímco alternativní hypotéza „ H_{4A} : Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje mezosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.“ byla potvrzena. Důvodem bylo zaznamenání statisticky významného rozdílu ($p=0.00476$) v obvodech hrudníku mezosternální oblasti při maximálním výdechu u skupiny STIM.

Naopak u skupiny NOSTIM statisticky významný vnitroskupinový rozdíl zaznamenán nebyl ($p=0.299$).

7.4.2 Meziskupinové porovnání

V rámci meziskupinového porovnání obvodů hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním výdechu jsme zaznamenali statisticky významný rozdíl ($p=0.0101$) a H_{40} proto byla zamítnuta, zatímco H_{4A} byla potvrzena. Z dat naměřených v této studii tedy můžeme tvrdit, že se skupině využívající POWERbreathe signifikantně zvýšil obvod hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním výdechu v porovnání se skupinou bez tohoto trenažeru.



Graf 7: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním výdechu u skupiny STIM a NOSTIM (AVG 1 / 2 = průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

<u>Mezo EX (cm)</u>	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	7,800641	5,792324
SD 2. měření	7,613147	5,818881

Tabulka 8: Směrodatné odchylky obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním výdechu u skupiny STIM a NOSTIM

7.5 Ověření hypotézy H5

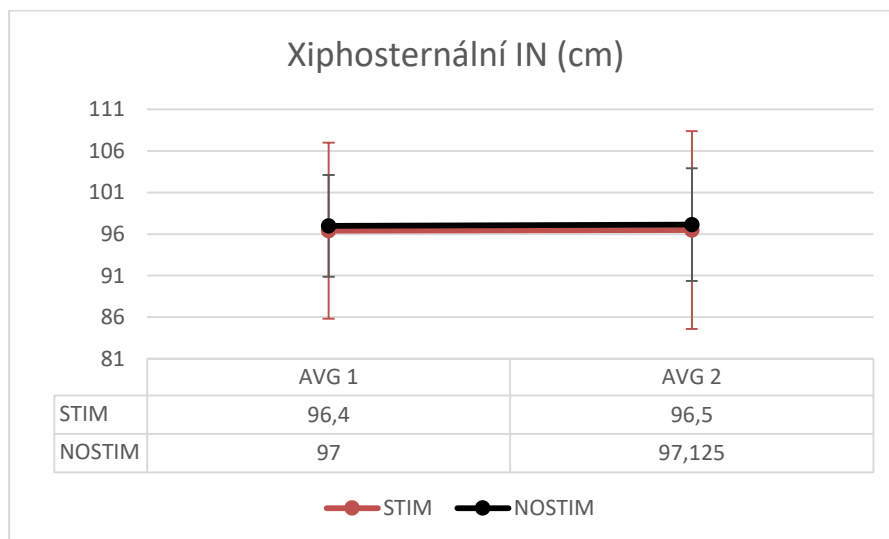
7.5.1 Vnitroskupinové porovnání

U H5 nebyla nulová hypotéza H_{50} ve znění „ H_{50} : Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje xiphosternální obvod hrudníku při maximálním nádechu.“ zamítnuta. Důvodem nebylo zaznamenání statisticky významného rozdílu ($p=0.452$) v obvodech hrudníku xiphosternální oblasti při maximálním nádechu u skupiny STIM.

U skupiny NOSTIM statisticky významný vnitroskupinový rozdíl také zaznamenán nebyl ($p=0.365$).

7.5.2 Meziskupinové porovnání

V rámci meziskupinového porovnání obvodů hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním nádechu jsme nezaznamenali statisticky významný rozdíl ($p=0.452$) a H_{50} proto zamítnuta nebyla. Z dat naměřených v této studii tedy není možné tvrdit, že se skupině využívající POWERbreathe signifikantně zvýšil obvod hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním nádechu v porovnání se skupinou bez tohoto trenažeru.



Graf 8: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek obvodu hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním nádechu u skupiny STIM a NOSTIM (AVG 1 / 2 = průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

<u>Xipho IN (cm)</u>	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	10,59434	6,123724
SD 2. měření	11,90168	6,771955

Tabulka 9: Směrodatné odchylky obvodu hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním nádechu u skupiny STIM a NOSTIM

7.6 Ověření hypotézy H6

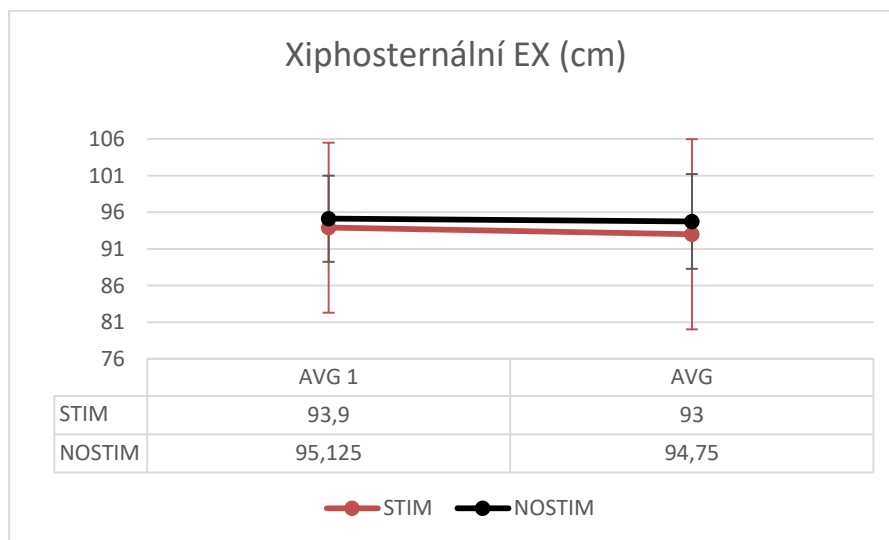
7.6.1 Vnitroskupinové porovnání

U H6 nebyla nulová hypotéza H_{60} ve znění „ H_{60} : Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje xiphosternální obvod hrudníku při maximálním výdechu.“ zamítnuta. Důvodem nebylo zaznamenání statisticky významného rozdílu ($p=0.189$) v obvodech hrudníku xiphosternální oblasti při maximálním výdechu u skupiny STIM.

U skupiny NOSTIM statisticky významný vnitroskupinový rozdíl také zaznamenán nebyl ($p=0,085$).

7.6.2 Meziskupinové porovnání

V rámci meziskupinového porovnání obvodů hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním výdechu jsme nezaznamenali statisticky významný rozdíl ($p= 0.318$) a H_{60} proto zamítnuta nebyla. Z dat naměřených v této studii tedy není možné tvrdit, že se skupině využívající POWERbreathe signifikantně zvýšil obvod hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním výdechu v porovnání se skupinou bez tohoto trenažeru.



Graf 9: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek obvodu hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním výdechu u skupiny STIM a NOSTIM (AVG 1 / 2 = průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

<u>Xipho EX (cm)</u>	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	11,57972	5,882973
SD 2. měření	12,96919	6,475917

Tabulka 10: Směrodatné odchylky obvodu hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním výdechu u skupiny STIM a NOSTIM

7.7 Ověření hypotézy H7

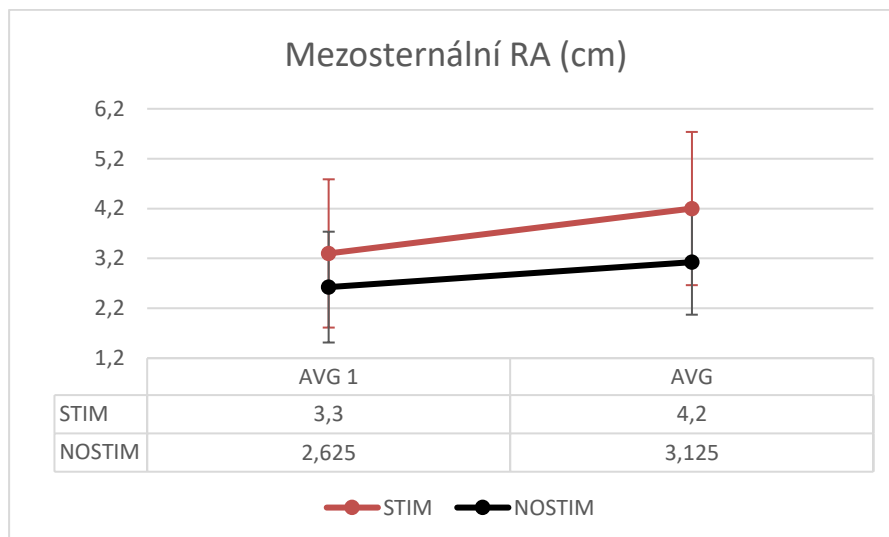
7.7.1 Vnitroskupinové porovnání

U H7 byla nulová hypotéza H_{70} ve znění „ H_{70} : Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje respirační amplitudy hrudníku v mezosternální oblasti.“ zamítnuta, zatímco alternativní hypotéza „ H_{7A} : Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje respirační amplitudy hrudníku v mezosternální oblasti.“ byla potvrzena. Důvodem bylo zaznamenání statisticky významného rozdílu ($p=0.00193$) v respiračních amplitudách mezosternální oblasti u skupiny STIM.

Naopak u skupiny NOSTIM statisticky významný vnitroskupinový rozdíl zaznamenán nebyl ($p=0.05177$).

7.7.2 Meziskupinové porovnání

V rámci meziskupinového porovnání respiračních amplitud v mezosternální oblasti jsme nezaznamenali statisticky významný rozdíl ($p=0.355$) a H_{70} proto nebyla zamítnuta. Z dat naměřených v této studii tedy nemůžeme tvrdit, že se skupině využívající POWERbreathe signifikantně zvýšily respirační amplitudy v mezosternální oblasti v porovnání se skupinou bez tohoto trenažeru.



Graf 10: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek respiračních amplitud v mezosternální oblasti u skupiny STIM a NOSTIM (AVG 1 / 2 = průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

<u>Mezo RA (cm)</u>	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	1,486607	1,111024
SD 2. měření	1,536229	1,053269

Tabulka 11: Směrodatné odchylky respiračních amplitud v mezosternální oblasti u skupiny STIM a NOSTIM

7.8 Ověření hypotézy H8

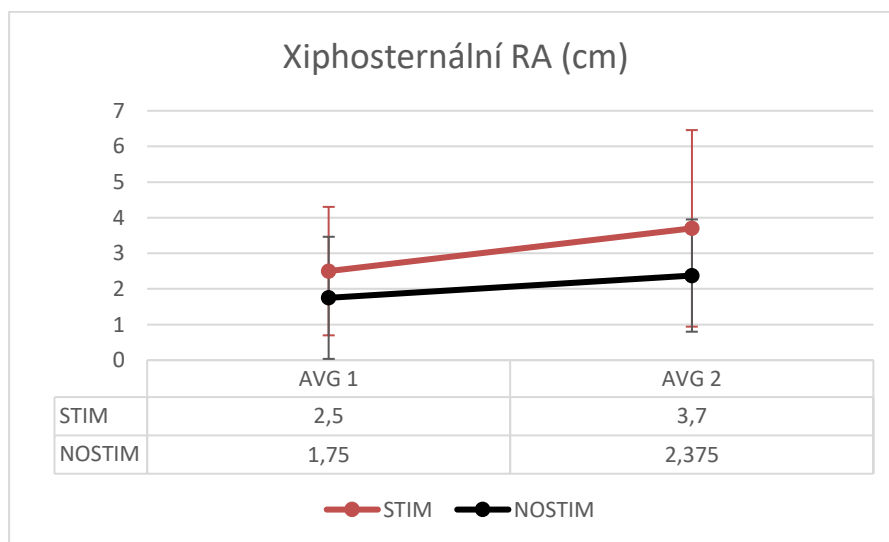
7.8.1 Vnitroskupinové porovnání

U H8 byla nulová hypotéza H_{80} ve znění „ H_{80} : Inspirační trenažer POWERbreathe nezvyšuje respirační amplitudy hrudníku v xiphosternální oblasti.“ zamítnuta, zatímco alternativní hypotéza „ H_{8A} : Inspirační trenažer POWERbreathe zvyšuje respirační amplitudy hrudníku v xiphosternální oblasti.“ byla potvrzena. Důvodem bylo zaznamenání statisticky významného rozdílu ($p=0.0183$) v respiračních amplitudách xiphosternální oblasti u skupiny STIM.

U skupiny NOSTIM byl také zaznamenán statisticky významný vnitroskupinový rozdíl ($p=0.00560$).

7.8.2 Meziskupinové porovnání

V rámci meziskupinového porovnání respiračních amplitud v xiphosternální oblasti jsme nezaznamenali statisticky významný rozdíl ($p=0.234$) a H_{80} proto nebyla zamítnuta. Z dat naměřených v této studii tedy nemůžeme tvrdit, že se skupině využívající POWERbreathe signifikantně zvýšily respirační amplitudy v xiphosternální oblasti v porovnání se skupinou bez tohoto trenažeru.



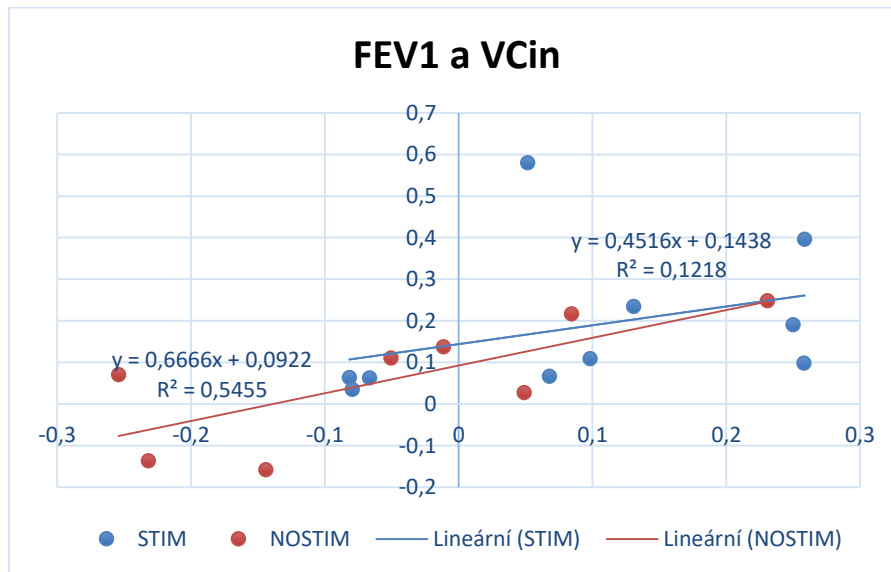
Graf 11: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek respiračních amplitud v xiphosternální oblasti u skupiny STIM a NOSTIM (AVG 1 / 2 = průměrné hodnoty 1. / 2. měření)

Xipho RA (cm)	STIM	NOSTIM
SD 1. měření	1,802776	1,713914
SD 2. měření	2,758623	1,57619

Tabulka 12: Směrodatné odchylky respiračních amplitud v xiphosternální oblasti u skupiny STIM a NOSTIM

7.9 Ověření hypotézy H9

U H9 byla nulová hypotéza ve znění „ H_{90} : Zvýšení VC_{in} má menší efekt na zvýšení FEV_1 u skupiny STIM oproti skupině NOSTIM.“ zamítnuta, zatímco alternativní hypotéza „ H_{9A} : Zvýšení VC_{in} má větší efekt na zvýšení FEV_1 u skupiny STIM oproti skupině NOSTIM.“ byla potvrzena. V tomto případě vycházíme z trendových křivek změn VC_{in} a FEV_1 ve skupinách STIM a NOSTIM.



Graf 12: Trendové křivky k posouzení vzájemného vlivu VC_{in} a FEV_1 ve skupinách STIM a NOSTIM

Pro větší vzájemnou vazbu parametrů VC_{in} a FEV_1 ve skupině STIM svědčí i procentuální rozdíl průměrných procentuálních změn mezi oběma parametry. Změnou rozumíme rozdíl v rámci jednoho parametru mezi 1. a 2. měřením:

	Průměrná změna VC_{in} (%)	Průměrná změna FEV_1 (%)	Rozdíl (%)
STIM	18,38	8,88	51,69
NOSTIM	-4,08	6,48	163

Tabulka 13: Rozdíl průměrných změn parametrů VC_{in} a FEV_1

DISKUZE

Cílem této diplomové práce bylo pomocí randomizované kontrolní pilotní studie zjistit vliv nádechového trenážeru POWERbreathe Medic Plus na sílu nádechového svalstva, dynamiku hrudníku a plicní funkce pacientů s CHOPN. Z tohoto důvodu jsme si jako měřené parametry zvolili SIndex pro sílu nádechového svalstva, FEV1, VCin a PIF jako ukazatele stavu plicních funkcí a obvody hrudníku při maximálním nádechu a výdechu v mezosternální a xiphosternální oblasti pro dynamiku hrudníku. Ze získaných hodnot obvodů jsme dále vypočítali respirační amplitudy pro mezosternální i xiphosternální oblast jako ukazatel změny vnitřního prostoru hrudníku. Z hodnot průměrných procentuálních změn parametrů VCin a FEV1 jsme stanovili jejich procentuální rozdíl, který vypovídá o vzájemné vazbě těchto parametrů. Měřených parametrů bylo celkem 11. SIndex a PIF jsme měřili pomocí přístroje POWERbreathe KH1, stav plicních funkcí byl zjišťován spirometricky pomocí křivky průtok/objem a obvody hrudníku pomocí krejčovského metru. U naposledy jmenovaného způsobu měření vidím zcela jistě největší limitaci v subjektivitě měření, nicméně jsme v průběhu studie neměli k dispozici technologii, která by byla méně zatížena případnou chybovostí. Větší míru objektivitě jsme se snažili zajistit tím, že byl pro všechna měření použit jeden krejčovský metr a měření prováděla stejná osoba.

Do studie byli přizváni pacienti s IV. stupněm CHOPN indikovaní k LuTx, kteří byli v době konání studie hospitalizováni na Pneumologické klinice 2. LF UK a FN Motol z důvodu předtransplantačního vyšetření. Dle původního plánu nebylo naším cílem orientovat tuto studii pouze na předtransplantační pacienty. V průběhu studie se nám však dařilo zaměřit čistě na pacienty indikované k LuTx, a proto jsme se rozhodli tuto specifitu zachovat. Z toho důvodu jsme však také získali pro studii pouze 18 probandů z původně plánovaných 20. Studie byla randomizovaná, čemuž odpovídá i skutečnost, že u žádného z měřených parametrů nebyl zjištěn statisticky významný meziskupinový rozdíl vstupních hodnot.

Při samotném měření sledovaných parametrů mělo jistý vliv na jejich výsledné hodnoty psychické ladění pacienta, které ale souvisí s danou diagnózou a momentálním klinickým stavem. Další negativní faktor představovala doba našeho vyšetření, tedy 1. a 14. (poslední) den hospitalizace. V oba tyto dny podstupovali probandi četná konziliární vyšetření, a proto k nám přicházeli často velmi unavení. Pro naše účely však nebylo možné provádět měření v jiný den, protože by to znamenalo ovlivnění vstupních výsledků již probíhající léčbou, do které spadá i fyzioterapie, nebo zkrácení doby používání POWERbreathe, která byla již tak poměrně krátká.

Naměřená data byla statisticky zpracována a porovnávána jak uvnitř skupin STIM a NOSTIM, tak mezi skupinami. Uvnitř skupiny STIM jsme zaznamenali statisticky významné zlepšení u 8 z 11 měřených parametrů. Konkrétně se jednalo o FEV1, VCin, FVC, PIF, SIndex, respirační amplitudy v mezosternální i xiphosternální oblasti a obvod hrudníku v mezosternální oblasti při maximální expirium. Naopak u skupiny NOSTIM byl vnitroskupinový statisticky významný rozdíl patrný u 2 z 11 měřených parametrů, konkrétně u respiračních amplitud v xiphosternální oblasti a obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním inspiriu. Meziskupinové porovnání přineslo statisticky významný rozdíl ve 2 parametrech z 11, a to u FEV1 a obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním výdechu. Pro lepší přehlednost uvádím výsledky v souhrnné tabulce:

	Vnitroskupinový rozdíl STIM	Vnitroskupinový rozdíl NOSTIM	Meziskupinový rozdíl
FEV1	ano	ne	ano
VCin	ano	ne	ne
FVC	ano	ne	ne
Sindex	ano	ne	ne
PIF	ano	ne	ne
Mezo IN	ne	ano	ne
Mezo EX	ano	ne	ano
Xipho IN	ne	ne	ne
Xipho EX	ne	ne	ne
Mezo RA	ano	ne	ne
Xipho RA	ano	ano	ne

Tabulka 14: Souhrnný přehled výsledků statistického zpracování naměřených dat. Ano = přítomnost statisticky významného rozdílu, Ne = nepřítomnost statisticky významného rozdílu

Z výše uvedených výsledků je patrné větší množství statisticky významně zlepšených parametrů u skupiny STIM oproti skupině NOSTIM. Na podkladě tohoto poznatku však nemůžeme jednoznačně tvrdit, že používání inspiračního trenažeru POWERbreathe signifikantně působí na měřené parametry v porovnání skupinou, která trenažer nepoužívala. O této skutečnosti vypovídá meziskupinový rozdíl, který byl prokazatelně významný u parametrů FEV1 a obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním výdechu. Vysvětlením, proč nebyl meziskupinový statisticky významný rozdíl patrný u většího množství měřených parametrů, je pravděpodobně účinek standardních rehabilitačních postupů, které se běžně užívají při léčbě pacientů s CHOPN. Nutno ale zdůraznit, že tento účinek nebyl tak vysoký, jako ve skupině používající POWERbreathe.

V rámci plicních funkcí byla největší změna zaznamenána u parametru FEV1, která značí zmírnění progresu onemocnění. Na tento fakt poukazuje i statisticky významný meziskupinový rozdíl. Vliv nádechového trenažeru na tuto plicní funkci je patrný i z porovnání průměrných změn VCin a FEV1 mezi 1. a 2. měřením. U skupiny STIM byl prokázán užší vztah mezi změnami těchto dvou parametrů, kdy se VCin oproti FEV1 lišila o 51,69%. U skupiny NOSTIM byl tento rozdíl 163%, výchozí hodnoty však byly u skupiny NOSTIM výrazně nižší (Tabulka 7: Rozdíl průměrných změn parametrů VCin a FEV1). Přestože však byla vazba parametrů VCin a FEV1 u skupiny STIM užší, můžeme si všimnout, že VCin se zlepšila více než o polovinu, což svědčí o větším vlivu POWERbreathe na VCin oproti FEV1. Tento poznatek můžeme interpretovat jako zlepšenou schopnost muskuloskeletálního systému poskytnout plicím větší objem vzduchu při přetrvávající obstrukci, což je zásadním a stěžejním přínosem pro pacienty indikované k transplantaci plic. Nemocné plíce budou nahrazeny novými, hrudník však zůstává a je tedy důležité naučit ho, aby uměl maximálně využít možnosti nových plic.

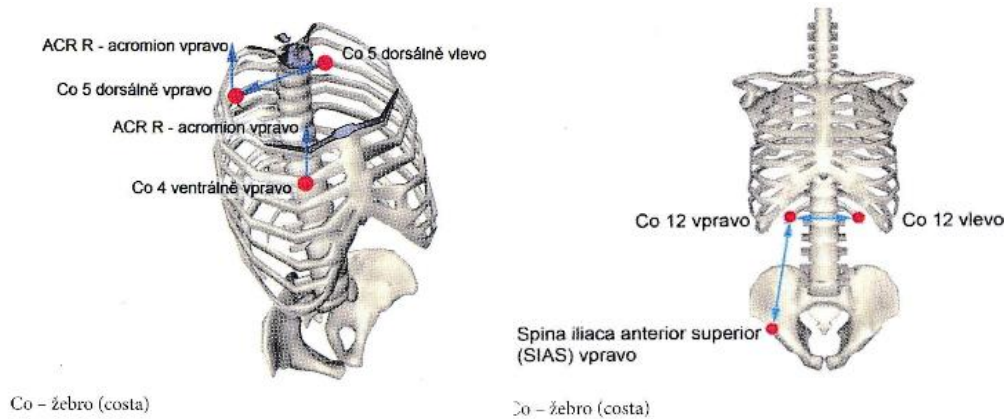
V rámci dynamických změn hrudníku byla největší změna zaznamenána u pohybu hrudníku do expira v mezosternální oblasti. V této oblasti bylo zároveň u skupiny STIM prokázáno signifikantní zvýšení respiračních amplitud, které vypovídají o změně objemu vnitřního prostoru hrudníku. Tento fakt lze odůvodnit změnou zapojení svalstva hrudníku do inspira. Nádech proti odporu je velmi podobný tzv. Müllerově manévru, kdy pacient provádí nádech přes uzavřenou epiglottis po předchozím maximálním výdechu. Dle Dvořáka (2003) je bránice jako hlavní inspirační sval maximálně aktivní. Obdobě je tomu při nádechu proti odporu. Maximální aktivaci inspiračního svalstva a jeho následné uvolnění můžeme přirovnat k postizometrické relaxaci.

K této teorii přispívá fakt, že při tréninku s inspiračním trenažerem dochází k rozložení zatížení svalu mezi více aktivních myofibril (Ramírez-Sarmiento et al., 2002). Inspirační svaly jsou v důsledku toho méně zatížené a tedy schopné většího protažení do expiria. Přes toto kineziologické vysvětlení však nelze opomenout další složky fyzioterapeutické intervence, které pacienti v rámci hospitalizace absolvovali, a které mají jistě nesporný vliv na dynamiku hrudníku. Jedná se například o techniky měkkých tkání sloužící k uvolnění kůže a fascií hrudníku, uvolnění svalů v hypertonu a protažení zkrácených svalů. Zásadní vliv však pravděpodobně mají techniky ovlivňující dynamiku hrudníku do výdechu, jenž jsou oproti tréninku nádechových svalů standardní součástí programu plicní rehabilitace. Zde hovoříme o použití výdechových trenažerů, které vedou k usnadnění výdechu a prevenci bronchokolapsibility, a dále o korekci postury v rámci různých fyzioterapeutických technik a přístupů. Cílem těchto technik je aktivace hlubokého stabilizačního systému, čehož se snažíme docílit mimo jiné i korekcí hrudníku do výdechového postavení.

Při porovnání výsledků tohoto výzkumu s výsledky studií provedenými na podobné téma jsme zjistili následující. Většina studií využívající trénink nádechového svalstva se orientuje na výkon, hodnocenými parametry jsou proto ve velké míře chůzové testy (6MWT, 10MWT). Dále se výzkumy orientovaly převážně na dušnost. Z plicních funkcí byl téměř vždy měřen parametr FEV1, méně často pak FVC, PImax/PEmax a další. Ve všech námi prostudovaných výzkumech došlo k prokázání efektu tréninku nádechových svalů na měřené parametry. Hlavní odlišností od našeho výzkumu byla však doba trvání používání inspiračního trenažeru. V jiných studiích byl zvolený inspirační trenažer používán minimálně 3 týdny, většinou však 6 – 8 týdnů. V naší studii byla doba používání trenažeru po dobu hospitalizace, tedy 2 týdny. Obdobně množství probandů přizvaných do zahraničních studií bylo zpravidla vyšší než v případě našeho výzkumu. Údaje jsme čerpali mimo jiné z těchto studií: Kyeong-Man a Dae-Hyouk, 2017; Elkhateeb et al., 2015; Takanobu et al., 2017; Beaumont et al., 2015; Matheus et al., 2012; Enright et al., 2004.

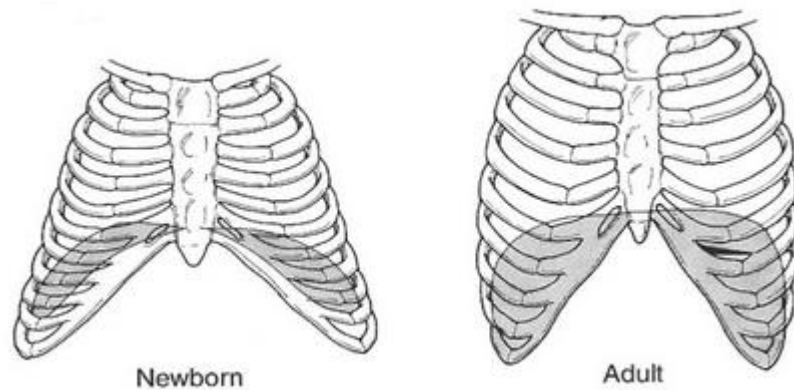
Studii, která se zabývala vlivem POWERbreathe na dynamiku hrudníku jsme našli pouze jednu a zmiňovali jsme ji již v textu (kapitola 2.4 Biomechanika odporovaného nádechu).

Studie z FTVS (Šorfová a Čapková, 2017) hodnotila rozvíjení hrudníku pomocí 3D kinematické analýzy Qualysis. Markery byly umístěny bilaterálně na acromion, SIAS a dále ventrálně i dorzálně na 4. a 12. žebro:



Obrázek 3: Označení umístění markerů (Šorfová a Čapková, 2017)

Výsledky přinesly zjištění, že oproti klidovému dýchání došlo k signifikantnímu zvýšení laterálního rozvíjení hrudníku jak v oblasti 4. žebra (o 200%), tak v oblasti 12. žebra (až o 250%). Dále bylo zjištěno zvýšené ventrodorzální rozvíjení dolní části hrudníku v úrovni 12. žebra, a to průměrně o 300%. Naše výsledky přinesly naopak větší rozvíjení hrudníku v mezosternální oblasti, zatímco v xiphosternální oblasti nebyly zaznamenány žádné signifikantní změny. Důvodů zde vidíme několik. 3D kinematická analýza je jistě citlivějším nástrojem, který zachytí i méně patrný pohyb hrudníku a dokáže určit, ve které rovině se pohyb uskutečnil. Zásadním rozdílem mezi těmito dvěma studiemi je však zdravotní stav probandů. Ve studii z FTVS byli do studie přizváni pouze zdraví probandi, studentky FTVS UK v Praze. Naši studie se účastnili pacienti s CHOPN indikovaní k LuTx. Z tohoto porovnání můžeme tedy soudit, že oproti zdravým pacientům dochází u pacientů s CHOPN k omezení pohyblivosti v dolní části hrudníku. Větší zlepšení rozvíjení hrudního koše je z výsledků naší studie patrné v oblasti mezosternální, tedy ve střední části hrudníku. K interpretaci této skutečnosti můžeme využít fakt, že hrudník se u pacientů s chronickým respiračním onemocněním více podobá hrudníku novorozence, který je oproti hrudnímu koši zdravého dospělého jedince více kuželovitý, s oploštělou střední hrudní oblastí – obr. 4 (Smolíková, 2017b).



Obrázek 4: Srovnání hrudníku novorozence a dospělého jedince, zdroj: <http://slideplayer.com/slide/9851502/>

Je tedy možné, že se má hrudní koš při tréninku s inspiračním trenažerem větší tendenci rozvíjet tam, kde je nejvíce omezen daným onemocněním. Z výsledků našeho výzkumu však nejsme schopni říct, zda je toto omezení více laterolaterální či ventrodorzální. K tomuto zjištění by bylo zapotřebí využít například již zmíněnou 3D kinematickou analýzu.

Pokud je nám známo, není v současnosti publikovaná práce, která by se zabývala vlivem nádechového trenažeru současně na sílu nádechového svalstva, plicní funkce a dynamiku hrudníku. Náš postup byl tedy nestandardní, cílený na problematiku předtransplantačních pacientů. Pro potvrzení či upřesnění výsledků této pilotní studie by bylo třeba rozšířit výzkum o větší množství probandů, tedy prodloužit dobu trvání studie. Pro objasnění specifického účinku nádechového trenažeru POWERbreathe by zároveň bylo vhodné prodloužit dobu používání tohoto nádechového trenažeru. Vliv inspiračního tréninku na dynamiku hrudníku by dále podpořilo upřesnění směru pohybu hrudníku do nádechu i výdechu a jeho změny při používání inspiračního trenažeru.

Přes limity tohoto výzkumu si myslíme, že poslání práce jako pilotní studie k prozkoumání výhod a nevýhod tréninku nádechového svalstva pro pacienty s CHOPN indikované k transplantaci plic bylo splněno. Práce má jistý potenciál pro další objasnění vlivu inspiračního trenažeru na dynamiku hrudníku i na plicní funkce. Námětem pro další práci by mohlo být rozšíření poznatků započatých v této práci v podobě vztažení a porovnání jednotlivých měřených parametrů vůči sobě navzájem. Přínosem by tak mohla být objektivizace vzájemných příčinných vztahů a vlivů mezi jednotlivými parametry.

Pro pokračování v této práci by pak bylo vhodné zaměřit se na pacienty po proběhlé transplantaci plic a porovnání jejich klinického stavu s klinickým stavem pacientů, kteří trénink nádechového svalstva neabsolvovali. Zajímavé by mohlo být i zjištění, zda preoperační trénink nádechového svalstva sníží incidenci pooperačních komplikací a zkrátí dobu pooperační hospitalizace, jako tomu nasvědčuje studie provedená v Nizozemsku v roce 2006, avšak u pacientů po bypassu (Hulzebos et al., 2006).

Nesporný vliv inspiračního trenažeru POWERbreathe na muskuloskeletální systém je pro pacienty indikované k LuTx zásadní a práce by tak do budoucna mohla sloužit jako první stupeň k objektivnímu zařazení pacientů na čekací listinu. Rádi bychom také, aby práce přispěla k povědomí o nutnosti aktivního přístupu pacientů ke svému onemocnění. K transplantaci vede dlouhá cesta a dosažení cíle není samozřejmostí. Je tedy nezbytné se na dar v podobě nových plic co nejlépe připravit a vytěžit z něj maximum pro své zdraví a kvalitu života.

ZÁVĚR

Chronická obstrukční plicní nemoc nevymezuje své pole působnosti pouze na plíce samotné, ale daleko je přesahuje a postihuje celý organismus na všech úrovních – biologické, psychické i sociální. Významně snižuje kvalitu života a nezřídka je příčinou úmrtí. Proto je třeba včasného a vhodného terapeutického zásahu ze strany zdravotnických odborníků, kteří se zabývají nejen samotnými symptomy tohoto onemocnění, ale taktéž omezeným funkčním zdravím.

Z pohledu rehabilitace je v současné době pacientům poskytována nejvyšší možná kvalita péče zajišťující korekci posturálních odchylek, zmírnění symptomů a případných komplikací onemocnění, zlepšení dechového stereotypu a zvýšení tolerance tělesné zátěže. Úkolem této práce bylo ověřit funkci prostředku, který by pacientům pomohl ještě více připravit svůj muskuloskeletální systém, zejména hrudní koš, na přijetí nových plic. Inspirační trenažer POWERbreathe se ukázal jako vhodný přístroj mající vliv jak na sílu nádechového svalstva, tak dynamiku hrudníku a prostřednictvím těchto změn i na plicní funkce. Hlavním přínosem tréninku nádechového svalstva pro pacienty indikované k transplantaci plic je větší rozvíjení hrudního koše v mezosternální oblasti, která nejvíce podléhá negativním vlivům chronických obstrukčních chorob, a dále pak větší schopnost muskuloskeletálního systému hrudníku umožnit plicím vdechnout větší objem vzduchu, přestože nedošlo ke zlepšení primárního onemocnění.

Pokud by bylo používání nádechového trenažeru zařazeno do standardního postupu fyzioterapeutické intervence v rámci plicní rehabilitace, mohl by tento trenažer přinést do předtransplantačního vyšetření další rozměr. Tím rozumíme detailnější selekci kandidátů k LuTx na pacienty, kteří ještě mají šanci se svým hrudníkem pracovat a transplantaci oddálit či se jí v nejlepším případě úplně vyhnout, a dále na ty, kteří jinou možnost než transplantaci plic nemají.

Je zřejmé, že k hlubšímu vhledu do vlivu tréninku inspiračních svalů by bylo třeba rozsáhlejší studie o více probandech a delší době používání trenažeru. Studie však přinesla počáteční náhled do této problematiky a pomohla poodhalit výhody, které by standardní používání inspiračního trenažeru v rámci předtransplantační přípravy přineslo.

REFERENČNÍ SEZNAM

AIGNER, C., et al. Institutional experience with extracorporeal membrane oxygenation in lung transplantation. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2007, **31**(3), 468–474.

BABCOCK, M. A., et al. Aerobic fitness effects on exercise-induced low-frequency diaphragm fatigue. *Journal of Applied Physiology*. 1996, **81**(5), 2156-2164.

BÁRTŮ, V. Nové guidelines GOLD 2017 pro chronickou obstrukční plicní nemoc. *Medicína po promoci* [online]. 2017, **2017**(02) [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/clanek/41943-nove-guidelines-gold-pro-chronickou-obstrukcni-plicni-nemoc>

BEAUMONT, M. et al. Inspiratory muscle training during pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease: A randomized trial. *Chron Respir Dis*. 2015, **12**(4), 305-312. DOI: 10.1177/1479972315594625.

CASABURI, R. American Thoracic Society - Pulmonary Rehabilitation. American Thoracic Society [online]. New York [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://www.thoracic.org/members/assemblies/assemblies/pr/>

COOPER, J. D. The Evolution of Techniques and Indications for Lung Transplantation. *Annals of Surgery*. 1990, **212**(3), 249–256.

COOPER, J. D. The history of surgical procedures for emphysema. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1997; **63**(2), 312-9.

Česká Asociace Ergoterapeutů [online]. Michal Rod, 2015 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://www.ergoterapie.cz/Page.aspx?PageID=1>

DATE, H. et al. Textbook of Pulmonary Vascular Disease. Springer, Boston, MA: Springer US, 2011, s. 1603-1611. ISBN 978-0-387-87429-6.

DVOŘÁK, R. Základy kinezioterapie. 2. přepracované vyd. Olomouc, 2003. 104 s. ISBN 80-244-0609-8

EHLER, E. a J. ZÁMEČNÍK. Toxické myopatie. *Neurologie pro praxi*. 2016, **17**(6), 386-390.

ELKHATEEB, N. B. et al. Pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*. 2015, **64**, 359-369.

ENRIGHT, S. et. al. Inspiratory Muscle Training Improves Lung Function and Exercise Capacity in Adults With Cystic Fibrosis. *Chest*. 2004, **126**(2), 405–411. DOI: <https://doi.org/10.1378/chest.126.2.405>.

GÖKDENİZ, T. The BODE index, a multidimensional grading system, reflects impairment of right ventricle functions in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a speckle-tracking study. *Respiration*. 2014, **88**(3), 223-233.

HARDY, J. D. et al. Lung Homotransplantation in Man: Report of the Initial Case. *The Journal of the American Medical Association*. 1963, 186(12), 1065-1074. DOI: 10.1001/jama.1963.63710120001010.

HULZEBOS, E. H. J. Preoperative Intensive Inspiratory Muscle Training to Prevent Postoperative Pulmonary Complications in High-Risk Patients Undergoing CABG Surgery: A Randomized Clinical Trial. *The Journal of the American Medical Association*. 2006, **296**(15), 1851-1857.

CHARUSUSIN, N., et al. Inspiratory muscle training protocol for patients with chronic obstructive pulmonary disease (IMTCO study): a multicentre randomised controlled trial. *BMJ Open* [online]. 2013, 3(e003101), 1-7 [cit. 2018-01-02]. DOI: 10.1136/bmjopen-2013-003101. Dostupné z: <http://bmjopen.bmj.com/content/3/8/e003101>

INZELBERG, R., et al. Inspiratory muscle training and the perception of dyspnea in Parkinson's disease. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*. 2005, 32(2), 213-217.

JANSSENS, L., et al. Inspiratory muscle training affects proprioceptive use and low back pain. *Medicine and science in sports and exercise*. 2015, 47(1), 12-19. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000385.

JOHNSON, B. D. Exercise-induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. *The Journal of physiology*. 1993, 460(1), 385-405. DOI: 10.1113/jphysiol.1993.sp019477.

KANDUS, J. a J. SATINSKÁ. *Stručný průvodce lékaře po plicních funkcích. 2. - nezměněné*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 8070133252.

KAŠÁK, V. *Chronická obstrukční plicní nemoc. 1. vyd.* Praha: Maxdorf, 2006. ISBN 80-7345-085-2.

KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2012. ISBN 97880-7262-657-1.

KOORDINAČNÍ STŘEDISKO TRANSPLANTACÍ. *Dárcovská a transplantační aktivita v roce 2017. Koordinační středisko transplantací* [online]. Skylab, 2014 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://www.kst.cz/wp-content/uploads/2017/01/Darcovska-a-transplantacni-aktivita-v-CR-20176.pdf>

KOORDINAČNÍ STŘEDISKO TRANSPLANTACÍ. *Dárcovská a transplantační aktivita v roce 2018. Koordinační středisko transplantací* [online]. Skylab, 2014 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: http://www.kst.cz/wp-content/uploads/2018/01/Darcovska-a-transplantacni-aktivita-v-CR-01_2018.pdf

KUDELA, O., V. SEDLÁK a V. KOBLÍŽEK. Pohledy na léčbu stabilní CHOPN podle strategie GOLD 2017. *Interní medicína pro praxi*. 2017, 19(3), 126-130.

KYEONG-MAN, J. a B. DAE-HYOUK. Effect of inspiratory muscle training on respiratory capacity and walking ability with subacute stroke patients: a randomized controlled pilot trial. *J Phys Ther Sci.* 2017, **29**(2), 336–339. DOI: 10.1589/jpts.29.336.

LEWIT, K. Manipulační léčba v myoskeletální medicíně. 5. přeprac. vyd. Praha: Sdělovací technika, c2003. ISBN 80-86645-04-5

LISCHKE, R. Transplantace plic. In: *Fakultní nemocnice v Motole* [online]. Praha: Media Factory, 2012 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://www.fnmotol.cz/iichirurgicka-klinika-11f-uk-a-fn-motol/program-transplantace-plic/>

LUO, Y. M., N. S. HOPKINSON a M. I. POLKEY. Tough at the top: must end-expiratory lung volume make way for end-inspiratory lung volume? *European Respiratory Journal* [online]. 2012, 31. 7. 2012, **40**(2), 283-285 [cit. 2018-01-02]. DOI: 10.1183/09031936.00021912. ISSN 1399-3003. Dostupné z: <http://erj.ersjournals.com/content/40/2/283>

MÁČEK, M. a J. RADVANSKÝ. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-784-4.

MÁČEK, M. a L. SMOLÍKOVÁ. *Fyzioterapie a pohybová léčba u chronické obstrukční plicní nemoci*. Praha: Vltavín, 2002. ISBN 8086587-00-2.

MÁČEK, M. a L. SMOLÍKOVÁ. *Pohybová léčba u plicních chorob*. Praha: Victoria publishing, 1995. ISBN 80-7187-010-2.

MÁČEK, M. Periferní svalová dysfunkce provázející některá chronická onemocnění. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca.* 2005, **14**(4), 185-190.

MAREL, M. Chronická obstrukční plicní nemoc 2016. Otázky, odpovědi, trendy. *Postgraduální medicína* [online]. **2016**(02) [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/chronicka-obstrukcni-plicni-nemoc-2016-otazky-odpovedi-trendy-481970>

MARKOV, G. Respiratory muscle training increases cycling endurance without affecting cardiovascular responses to exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 2001, **85**(3-4), 233-239. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004210100450>.

MATHEUS, G. B. Inspiratory muscle training improves tidal volume and vital capacity after CABG surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2012, **27**(3), 362-369. ISSN 0102-7638.

MCCONNELL, A. K. a L. M. ROMER. Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy. *International journal of sports medicine*. 2004, **25**(4), 284-293. DOI: 10.1055/s-2004-815827.

MCCONNELL, A. K., L. M. ROMER a P. WEINER. Inspiratory muscle training in obstructive lung disease: how to implement and what to expect. *Breathe*. 2005, **2**(1), 39-49. DOI: 10.1183/18106838.0201.38.

MOREIRA, G. L., et al. PLATINO, a nine-year follow-up study of COPD in the city of Sao Paulo, Brazil: the problem of underdiagnosis. *J Bras Pneumol*, 2014, 40, p. 30–37.

NEUMANNOVÁ, K., J. ZATLOUKAL a V. KOBLÍŽEK. Standard plicní rehabilitace [online]. [cit. 2018-04-02]. PDF dokument. Dostupné z: www.pneumologie.cz/upload/1397488262.pdf.

ORENS, B., et al. International Guidelines for the Selection of Lung Transplant Candidates: 2006 Update-A Consensus Report From the Pulmonary Scientific Council of the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J Heart Lung Transplant*, 2006, 25, p. 745–755.

POWERS, S. K., J. COOMBES a H. DEMIREL. Exercise training-induced changes in respiratory muscles. *Sports Medicine*. 1997, **24**(2), 120-131.

RAMIREZ-SARMIENTO, A., et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes. *American journal of respiratory and critical care medicine* [online]. 2002, 19. 7. 2002, **166**(11), 1491-1497 [cit. 2018-01-03]. Dostupné z: <http://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.200202-075OC>

RICHARDSON, RS., LEEK, BT., GAVIN, PT., et al. Reduced Mechanical Efficiency in Chronic Obstructive Pulmonary Disease but Normal Peak VO₂ with small Muscle Mass Exercise. *Am J Respir Crit Care Med*, 2004, 169, p. 89-96.

ROMER L. M. a J. A. DEMPSEY. *The Work of Breathing During Exercise: Implications for Performance*. In: ALIVERTI, A., et al. *Mechanics of Breathing*. Springer, Milano, 2002, 11-24. ISBN 978-88-470-2916-3.

ROMER, L. M., A. K. MCCONNELL a D. A. JONES. Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002, **34**(5), 785-792. DOI: 10.1097/00005768-200205000-00010.

SMOLÍKOVÁ, L. a M. MÁČEK. *Fyzioterapie a pohybová léčba u chronických plicních onemocnění*. Praha: Blue Wings, 2006.

SMOLÍKOVÁ, L. a M. MÁČEK. *Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2013. ISBN 978-80-7013-527-3.

SMOLÍKOVÁ, L. et al. Plicní rehabilitace a CHOPN. *Postgraduální medicína*. 2005, **7**(4), 376-385.

SMOLÍKOVÁ, L. Respirační fyzioterapie není jen o dýchání. *Umění fyzioterapie*. 2017, **2**(4), 21-27. ISSN 2464-6784.

SMOLÍKOVÁ, L. *Neinvazivní ventilace (NIV)*. Přednáška. Praha: Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství 2. LF UK a FN Motol. 21. 2. 2017.

STEEN, S, et al. First human transplantation of a nonacceptable donor lung after reconditioning ex vivo. *The Annals of thoracic surgery*. **83**(6), 2191-2194.

ŠVESTKOVÁ, O. a J. PFEIFFER. Mezinárodní klasifikace funkčních schopností, disability a zdraví: MKF : výukový materiál. 1. vyd. Praha: MZČR, 2009, 63 s.

TAKANOBU, S. et al. The efficiency of 30-breath sessions moderate intensity inspiratory muscle training (IMT) for the elderly patients with COPD. *Official Journal of the Asian Pacific Society of Respiriology*. 2017, **22**(3), 108.

TOU, R., L. TAYARA a M. HALIMI. The effects of respiratory muscle training on improvement of the internal and external thoraco-pulmonary respiratory mechanism in COPD patients. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 2013, roč. 56, č. 3, s. 193-211 [cit. 2017-11-20]. DOI: 10.1016/j.rehab.2013.01.008. ISSN 18770657. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877065713000262>

Transplantace plic: příručka pro pacienty. Praha: FN Motol. Dostupné z: http://www.fnmotol.cz/_sys_/FileStorage/download/2/1497/brozura_plice_f_pages.pdf

VALENTOVÁ BARTÁKOVÁ, L. a L. FILA. Transplantace plic: problematika selekce kandidátů. *Studia pneumologica et phthiseologica*. 2017, **77**(6), 207-208.

VALENTOVÁ BARTÁKOVÁ, L., et al. Transplantace plic v České republice. *Postgraduální medicína* [online]. 2014, 11. 2. 2014 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/transplantace-plic-v-ceske-republice-474124>

VALENTOVÁ BARTÁKOVÁ, L., FILA, L., ADÁMEK, S., et al. Lung transplantation in cystic fibrosis Patients in the Czech Republic: initial single-center experience. *Transplant Proc*, 2010, **42**, p. 3711–3713

VOLIANITIS, S., et al. Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001, **33**, 803-809.

WILSON, M. E, et al. Pretransplant frailty is associated with decreased survival after lung transplantation. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*. 2016, **35**(2), 173–178.

World Health Organization [online]. 2017 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: http://www.who.int/topics/chronic_obstructive_pulmonary_disease/en/

ZATLOUKAL, J., K. NEUMANNOVÁ a V. LOŠŤÁKOVÁ. Mechanika dýchání u pacientů s chronickým plicním onemocněním. *Studia pneumologica et phthiseologica*. 2013, roč. 73, č. 4, s. 150-154. ISSN 1213-810x.

ZAVADILOVÁ, V. *Porovnání výsledků různých metod měření tělesného složení*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Lékařská fakulta, Masarykova univerzita. Vedoucí práce Prof. MUDr. Zdeněk Jirák, CSc.

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek parametru SIndex u skupiny STIM a NOSTIM	59
Graf č. 2: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek parametru FEV1 u skupiny STIM a NOSTIM	60
Graf č. 3: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek parametru VCin u skupiny STIM a NOSTIM	61
Graf č. 4: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek parametru FVC u skupiny STIM a NOSTIM	61
Graf č. 5: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek parametru PIF u skupiny STIM a NOSTIM	62
Graf č. 6: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním nádechu u skupiny STIM a NOSTIM	63
Graf č. 7: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním výdechu u skupiny STIM a NOSTIM	64
Graf č. 8: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek obvodu hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním nádechu u skupiny STIM a NOSTIM	65
Graf č. 9: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek obvodu hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním výdechu u skupiny STIM a NOSTIM	66
Graf č. 10: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek respiračních amplitud v mezosternální oblasti u skupiny STIM a NOSTIM	67
Graf č. 11: Vývoj průměrných hodnot a směrodatných odchylek respiračních amplitud v xiphosternální oblasti u skupiny STIM a NOSTIM	68
Graf č. 12: Trendové křivky k posouzení vzájemného vlivu VCin a FEV1 ve skupinách STIM a NOSTIM	69

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Součásti POWERbreathe Medic Plus.....	19
Obrázek č. 2: Porovnání mezi constant threshold (Threshold IMT) a variabilním odporovým tréninkem nádechových svalů (POWERbreathe KH1)	20
Obrázek č. 3: Označení umístění markerů	74
Obrázek č. 4: Srovnání hrudníku novorozence a dospělého jedince	75

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Tabulka nastavení zátěže	23
Tabulka č. 2: Směrodatné odchytky parametru SIndex u skupiny STIM a NOSTIM....	59
Tabulka č. 3: Směrodatné odchytky parametru FEV1 u skupiny STIM a NOSTIM	61
Tabulka č. 4: Směrodatné odchytky parametru VCin u skupiny STIM a NOSTIM	61
Tabulka č. 5: Směrodatné odchytky parametru FVC u skupiny STIM a NOSTIM	61
Tabulka č. 6: Směrodatné odchytky parametru PIF u skupiny STIM a NOSTIM	62
Tabulka č. 7: Směrodatné odchytky obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním nádechu u skupiny STIM a NOSTIM.....	63
Tabulka č. 8: Směrodatné odchytky obvodu hrudníku v mezosternální oblasti při maximálním výdechu u skupiny STIM a NOSTIM	64
Tabulka č. 9: Směrodatné odchytky obvodu hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním nádechu u skupiny STIM a NOSTIM.....	65
Tabulka č. 10: Směrodatné odchytky obvodu hrudníku v xiphosternální oblasti při maximálním výdechu u skupiny STIM a NOSTIM	66
Tabulka č. 11: Směrodatné odchytky respiračních amplitud v mezosternální oblasti u skupiny STIM a NOSTIM	67
Tabulka č. 12: Směrodatné odchytky respiračních amplitud v xiphosternální oblasti u skupiny STIM a NOSTIM	68
Tabulka č. 13: Rozdíl průměrných změn parametrů VCin a FEV1	69
Tabulka č. 14: Souhrnný přehled výsledků statistického zpracování naměřených dat...	71

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Zaznamenání obvodů hrudníku a respiračních amplitud u skupiny STIM (tabulka)	90
Příloha č. 2: Zaznamenání obvodů hrudníku a respiračních amplitud u skupiny NOSTIM (tabulka).....	91
Příloha č. 3: Zaznamenání hodnot plicních funkcí a SIndex u skupiny STIM (tabulka)	92
Příloha č. 4: Zaznamenání hodnot plicních funkcí a SIndex u skupiny NOSTIM (tabulka)	93

Příloha č. 1: Zaznamenání obvodů hrudníku a respiračních amplitud u skupiny STIM

Obvody hrudníku (cm)	Pacient 1	Pacient 2	Pacient 3	Pacient 4	Pacient 5	Pacient 6	Pacient 7	Pacient 8	Pacient 9	Pacient 10
1. Mezo IN	98	104	104	114	104	88	104	99	108	85
1. Mezo EX	93	103	100	109	102	87	101	95	103	82
1. Xipho IN	93	121	94	107	92	87	99	91	99	81
1. Xipho EX	88	122	93	104	91	85	97	86	95	78
2. Mezo IN	98	104	104	113	104	89	104	100	108	86
2. Mezo EX	92	102	100	108	102	86	100	95	101	82
2. Xipho IN	94	120	95	106	92	86	100	92	103	75
2. Xipho EX	85	122	92	103	88	84	97	86	101	72
Respirační amplitudy (cm)	Pacient 1	Pacient 2	Pacient 3	Pacient 4	Pacient 5	Pacient 6	Pacient 7	Pacient 8	Pacient 9	Pacient 10
1. Mezo RA	5	1	4	5	2	1	3	4	5	3
1. Xipho RA	5	-1	1	3	1	2	2	5	4	3
2. Mezo RA	6	2	4	5	2	3	4	5	7	4
2. Xipho RA	9	-2	3	3	4	2	3	6	6	3

Příloha č. 2: Zaznamenání obvodů hrudníku a respiračních amplitud u skupiny NOSTIM

Obvody hrudníku (cm)	Pacient 1	Pacient 2	Pacient 3	Pacient 4	Pacient 5	Pacient 6	Pacient 7	Pacient 8
1. Mezo IN	105	94	98	102	103	106	90	107
1. Mezo EX	104	93	94	98	100	103	87	105
1. Xipho IN	97	87	98	101	100	104	87	102
1. Xipho EX	96	86	98	100	95	100	85	102
2. Mezo IN	105	95	98	102	104	107	92	107
2. Mezo EX	104	92	94	98	101	103	88	105
2. Xipho IN	98	87	98	101	101	105	85	102
2. Xipho EX	96	85	97	100	96	100	83	101
Respirační amplitudy (cm)	Pacient 1	Pacient 2	Pacient 3	Pacient 4	Pacient 5	Pacient 6	Pacient 7	Pacient 8
1. Mezo RA	1	1	4	4	3	3	3	2
1. Xipho RA	1	1	0	1	5	4	2	0
2. Mezo RA	1	3	4	4	3	4	4	2
2. Xipho RA	2	2	1	1	5	5	2	1

Příloha č. 3: Zaznamenání hodnot plicních funkcí a Sindex u skupiny STIM

	FEV ₁			VC _{in}			FVC			Sindex			PIF		
	1. měření (L)	2. měření (L)	Výsledek (%)	1. měření (L)	2. měření (L)	Výsledek (%)	1. měření (L)	2. měření (L)	Výsledek (%)	1. měření (cmH ₂ O)	2. měření (cmH ₂ O)	Výsledek (%)	1. měření (L/s)	2. měření (L/s)	Výsledek (%)
Pacient 1	0,62	0,78	25,8	2,44	2,68	9,8	1,88	2,25	19,7	77,54	100,17	29,2	4,48	5,67	26,6
Pacient 2	0,4	0,5	25	1,31	1,56	19,1	0,91	1,56	71,4	33,96	40,25	18,5	1,83	2,2	20,2
Pacient 3	0,6	0,56	6,7	1,9	2,02	6,3	2,04	1,85	9,3	28,27	32,5	14,9	1,48	1,75	18,2
Pacient 4	0,98	0,9	8,2	2,51	2,67	6,4	2,18	2,67	22,5	89,53	91,33	2	5,12	5,21	1,8
Pacient 5	0,63	0,58	7,9	1,98	2,05	3,5	1,84	2,05	11,4	59,62	72,53	21,7	3,39	4,21	24,2
Pacient 6	0,58	0,73	25,9	1,11	1,55	39,6	1,21	1,49	23,1	38,44	48,47	26,1	2,11	2,72	28,9
Pacient 7	1,07	1,21	13,1	2,68	3,31	23,5	2,66	3,27	22,9	94,41	107,47	13,8	5,37	6,05	12,7
Pacient 8	1,12	1,23	9,8	2,84	3,15	10,9	2,83	3,15	11,3	89,29	98,28	10	5,11	5,58	9,2
Pacient 9	0,58	0,61	5,2	1,31	2,07	58	1,17	2,07	77	78,04	85,83	10	4,51	4,92	9
Pacient 10	0,59	0,63	6,8	1,64	1,75	6,7	1,64	1,75	6,7	45,76	49,31	7,8	2,56	2,77	8,2

Příloha č. 4: Zaznamenání hodnot plicních funkcí a Sindex u skupiny NOSTIM

	FEV ₁			VCin			FVC			Sindex			PIF		
	1. měření (L)	2. měření (L)	Výsledek (%)	1. měření (L)	2. měření (L)	Výsledek (%)	1. měření (L)	2. měření (L)	Výsledek (%)	1. měření (cmH ₂ O)	2. měření (cmH ₂ O)	Výsledek (%)	1. měření (L/s)	2. měření (L/s)	Výsledek (%)
Pacient 1	0,89	0,88	-1,1	1,81	2,06	13,8	1,69	1,41	-16,6	63,54	65,76	3,5	3,69	3,81	3,3
Pacient 2	1,02	1,07	4,9	1,44	1,48	2,8	1,44	1,36	-5,6	37,84	49,93	32	2,09	2,82	34,9
Pacient 3	0,71	0,77	8,5	1,61	1,96	21,7	1,48	1,96	32,4	45,35	47,36	4,4	2,55	2,68	5,1
Pacient 4	0,69	0,53	-23,2	2,35	2,03	-13,6	2,35	1,88	-20	69,91	70,89	1,4	3,85	3,98	3,4
Pacient 5	0,99	0,94	-5,1	2,53	2,81	11,1	2,6	2,81	8,1	61,03	82,5	35,2	3,51	4,75	35,3
Pacient 6	0,39	0,48	23,1	1,57	1,96	24,8	1,01	1,68	66,3	56,1	54,82	-2,28	3,2	3,14	-1,9
Pacient 7	0,59	0,44	-25,4	1,27	1,36	7,1	1,07	1,36	27,1	44,17	48,46	9,7	2,47	2,73	10,5
Pacient 8	1,11	0,95	-14,4	2,79	2,35	-15,8	2,79	2,35	-15,8	77,14	73,89	-4,2	4,45	4,28	-3,8