

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**TRÉNING DÝCHACÍCH SVALOV S VYUŽITÍM DYCHOVÝCH  
TRENAŽÉROV U PACIENTOV S CHRONICKÝM RESPIRAČNÝM  
OCHORENÍM**

Bakalárska práca

Autor: Kristína Takáčová

Študijný program: Fyzioterapia

Vedúci práce: Mgr. Pavla Horová

Olomouc 2024



**Bibliografická identifikácia****Meno autora:** Kristína Takáčová**Názov práce:** Tréning dýchacích svalov s využitím dychových trenažérov u pacientov s chronickým respiračným ochorením**Vedúci práce:** Mgr. Pavla Horová**Pracovisko:** Katedra fyzioterapie**Rok obhajoby:** 2024**Abstrakt:**

Oslabenie dýchacích svalov môže vzniknúť na podklade viacerých faktorov a ich kombinácie. Častou príčinou oslabenia respiračných svalov sú morfofunkčné zmeny spojené s chronickými respiračnými ochoreniami, akými sú napríklad chronická obštrukčná choroba pľúc, asthma bronchiale, cystická fibróza, či intersticiálne pľúcne procesy. Takto spôsobené zníženie svalovej sily sa klinicky prejaví mnohými obťažujúcimi príznakmi, ktoré znižujú kvalitu života pacientov. Tréningom respiračných svalov s použitím dychových trenažérov je možné dosiahnuť výrazné zlepšenie stavu a zmiernenie príznakov. Cieľom tejto práce bola rešerš dostupnej odbornej literatúry týkajúcej sa tréningu dýchacích svalov a porovnanie publikovaných protokolov a aktuálne dostupných dychových trenažérov, ktoré je možné pri tréningu dýchacích svalov využiť. Súčasťou práce je kazuistika pacienta s asthma bronchiale. Pacientovi bol na základe vyšetrenia fyzioterapeutom stanovený krátkodobý a dlhodobý rehabilitačný plán. Plán zahŕňal tréning dýchacích svalov s dychovým trenažérom Threshold IMT.

**Kľúčové slová:**

Tréning dýchacích svalov, dychové trenažéry, respiračná fyzioterapia, chronické respiračné ochorenia, rehabilitácia

Súhlasím s požičiavaním práce v rámci knižničných služieb.

**Bibliographical identification****Author:** Kristína Takáčová**Title:** Using respiratory muscle trainers in training of respiratory muscles in patients with chronic respiratory disease**Supervisor:** Mgr. Pavla Horová**Department:** Department of Physiotherapy**Year:** 2024**Abstract:**

Respiratory muscle weakness can arise from various factors and their combination. A common cause of respiratory muscle weakness is morphofunctional changes associated with chronic respiratory diseases such as chronic obstructive pulmonary disease, bronchial asthma, cystic fibrosis, or interstitial pulmonary processes. This reduction in muscle strength is clinically manifested by a number of debilitating symptoms that impair the quality of life of patients. Respiratory muscle training using breathing devices can significantly improve the condition and alleviate the symptoms. The aim of this thesis was to review available scientific literature concerning respiratory muscle training and to compare published protocols and currently available breathing devices that can be used for respiratory muscle training. A case study of a patient with bronchial asthma is included. The patient was given a short-term and long-term rehabilitation plan based on the examination by a physical therapist. The plan included respiratory muscle training with the Threshold IMT.

**Keywords:**

Respiratory muscle training, breathing devices, respiratory physiotherapy, chronic respiratory diseases, rehabilitation

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prehlasujem, že som túto prácu vypracovala samostatne pod vedením Mgr. Pavly Horovej, uviedla všetky použité literárne a odborné zdroje a dodržovala zásady vedeckej etiky.

V Olomouci dňa 30. dubna 2024

.....

Ďakujem Mgr. Pavle Horovej za cenné rady a pripomienky poskytnuté pri písaní tejto práce. Najmä jej však ďakujem za nekonečnú trpezlivosť, ochotu a ľudský prístup, s ktorým ma po celý čas tvorby práce viedla. Ďakujem Honzovi, za lásku a podporu v ťažších chvíľach a za to, že nikdy nezapochyboval. V neposlednom rade ďakujem rodičom, bez ktorých by som fyzioterapiu nemohla študovať.

## OBSAH

Obsah .....	7
Zoznam skratiek .....	9
1 Úvod .....	11
2 Prehľad poznatkov.....	13
2.1 Dýchací systém .....	13
2.2 Regulácia dýchania a inervácia dýchacích svalov .....	13
2.3 Anatómia pohybovej zložky dýchania .....	15
2.3.1 Dýchacie svaly .....	16
2.4 Biomechanika dýchania.....	18
2.4.1 Dychové odpory a dychová práca .....	20
2.5 Patofyziológia dýchacej sústavy pri chronických respiračných ochoreniach .....	22
2.5.1 Dynamická pľúcna hyperinflácia .....	22
2.5.2 Dýchavičnosť, kašeľ a bronchiálna hypersekrécia.....	23
2.6 Najčastejšie chronické pľúcne ochorenia .....	25
2.6.1 Chronická obštrukčná choroba pľúc.....	25
2.6.2 Asthma bronchiale .....	28
2.6.3 Cystická fibróza.....	30
2.6.4 Intersticiálne pľúcne procesy .....	30
2.7 Sila dýchacích svalov.....	32
2.7.1 Oslabenie a únava dýchacích svalov .....	32
2.7.2 Vyšetrenie pľúcnych funkcií .....	33
2.7.3 Meranie sily dýchacích svalov .....	34
2.8 Dychové trenažéry.....	39
2.8.1 Prahový tlakový ventil (Pressure threshold valve) .....	39
2.8.2 Pasívny odpor prietoku (Passive flow resistance) .....	41
2.8.3 Dynamicky prispôsobený odpor prietoku (Dynamically adjusted flow resistance).....	43
2.9 Respiračná fyzioterapia .....	44
2.9.1 Reedukácia dychového vzoru.....	45

2.9.2	Uľahčenie expektorácie a drenážne techniky.....	45
2.9.3	Tréning respiračných svalov .....	47
2.10	Tréning respiračných svalov u pacientov s chronickým respiračným ochorením .....	51
2.11	Ďalšie zložky pľúcnej rehabilitácie .....	54
2.11.1	Edukácia.....	54
2.11.2	Ošetrovanie mäkkých tkanív .....	55
2.11.3	Korekcia držania tela .....	55
2.11.4	Hygiena horných dýchacích ciest.....	56
2.11.5	Senzomotorická stimulácia.....	57
2.11.6	Zvyšovanie kondície.....	57
2.11.7	Psychická zložka.....	57
3	Kazuistika .....	59
3.1	Základné údaje .....	59
3.2	Anamnéza .....	59
3.3	Vstupné vyšetrenie .....	60
3.4	Terapia .....	64
3.4.1	Krátkodobý rehabilitačný plán.....	64
3.4.2	Dlhodobý rehabilitačný plán.....	65
3.5	Výstupné vyšetrenie .....	65
4	Diskusia .....	67
5	Záver .....	74
6	Súhrn.....	75
7	Summary.....	77
8	Referenčný zoznam .....	79
9	Prílohy .....	112
9.1	Informovaný súhlas.....	112



## ZOZNAM SKRATIEK

AA	Alergiologická anamnéza
AB	Astma bronchiale
ACBT	Active cycle of breathing techniques
ACO	Asthma chronic obstructive pulmonary disease overlap
ACT	Airway clearance techniques
AD	Autogénna drenáž
ATS	American Thoracic Society
CF	Cystická fibróza
CNS	Centrálny nervový systém
DC	Dýchacie cesty
DH	Dynamická hyperinflácia
DKK	Dolné končatiny
EELV	End-expiratory lung volume
EMT	Expiratory muscle training
ERS	European Respiratory Society
TFRL	Tapered flow resistive loading
FA	Farmakologická anamnéza
FEF	Forced expiratory flow
FEV <sub>1</sub>	Forced expiratory volume in 1 second
FIV	Forced inspiratory volume
FRC	Functional residual capacity
FVC	Forced vital capacity
GA	Gynekologická anamnéza
GERD	Gastroesophageal reflux disease
HDC	Horné dýchacie cesty
CHOCHP	Chronická obštrukčná choroba pľúc
IC	Inspiratory capacity
ICHS	Ischemická choroba srdca
IPV	Intrapulmonary percussive ventilation
m.	Musculus
MEF	Maximal expiratory flow
MEP, P <sub>I</sub> max	Maximal expiratory pressure

MIP, $PI_{max}$	Maximal inspiratory pressure
mm.	Musculi
MMT	Mäkké a mobilizačné techniky
SO	Súčasné ochorenie
OA	Osobná anamnéza
PA	Pracovná anamnéza
PP	Anamnéza
RA	Rodinná anamnéza
RFT	Respiračná fyzioterapia
RMT	Respiratory muscle training
RV	Residual volume
SA	Sociálna anamnéza
SMS	Senzomotorická stimulácia
SNIP	Sniff nasal inspiratory pressure
SR	Systematic review
ŠpA	Športová anamnéza
TEN	Tromboembolická choroba
TLC	Total lung capacity
TMJ	Temporomandibular joint
TNF	Tumor necrosis factor
VC	Vital capacity
WHO	World Health Organization
6MWT	6 minute walking test

# 1 ÚVOD

Chronické ochorenia respiračného systému sú nezriedka spojené s oslabením dýchacích svalov. Za oslabenie je vo všeobecnosti považovaný stav, kedy má aj odpočínutý sval zníženú schopnosť vytvárať silu a v takom prípade je na mieste zvážiť zaradenie tréningu respiračných svalov (Neumannová et al., 2018).

Tréning špecificky dýchacích svalov s využitím dychových trenažérov je jednou z troch hlavných zložiek respiračnej fyzioterapie. Jednými z prvých autorov, ktorí skúmali tréning dýchacích svalov (RMT, z angl. respiratory muscle training) boli Leith a Bradley vo svojej štúdií z roku 1976 (Leith & Bradley, 1976a).

Pri tréningu dochádza k štruktúrálnej a funkčnej adaptácii svalov na tréningové stimuly, čím je možné dosiahnuť celkové zlepšenie stavu pacienta (Göhl et al., 2016; A. McConnell, 2013b; Polla, 2004). Zvlášť u pacientov s výrazným oslabením nádychových svalov preukázateľne dochádza vplyvom tréningu k zmierneniu obťažujúcich príznakov chronických respiračných ochorení a celkovému zlepšeniu stavu aj mimo respiračný systém. Zhoršená funkcia expiračných svalov, hlavne čo sa týka vytrvalosti, priamo koreluje so stupňom obštrukcie dýchacích ciest (Ramírez-Sarmiento et al., 2002). Posilňovanie oslabených výdychových svalov je u pacientov najčastejšie indikované ako prevencia bronchokolapsu a s cieľom zvýšenia efektivity expektorácie. Tréning je vhodné kombinovať s drenážnymi technikami a s ďalšími zložkami pľúcnej rehabilitácie, ktoré budú zmienené v závere teoretickej časti práce.

S rozvojom technológií sa v posledných rokoch rýchlo vyvíjajú aj dychové trenažéry, ktoré je možné pri tréningu použiť. Prvým trenažérom pre tréning inspiračných aj expiračných svalov bol v roku 1980 prototyp terapeutky Peggy Nicholson. Mechanické zariadenia dnes postupne vytláčajú moderné elektronické trenažéry s možnosťou prepojenia s počítačom, či dokonca s mobilným telefónom. Tento systém poskytujúci pacientovi spätnú väzbu v reálnom čase môže významne ovplyvniť adhérenciu k terapii a tým aj jej úspešnosť. Pri nastavovaní rehabilitačného plánu je však dôležité zvážiť nie len výber trenažéra, ale aj formu a postup samotného tréningu. V praxi rôzni autori pri tréningu dýchacích svalov s použitím trenažérov aplikujú rôzne protokoly.

Cieľom tejto práce je vypracovanie súhrnu poznatkov, ktorý umožní fyzioterapeutom lepšie sa orientovať vo veľkom množstve odporúčaných postupov respiračného tréningu. Postup by mal terapeut voliť na základe stanoveného terapeutického cieľa, ktorému sa tak dokáže čo najefektívnejšou cestou priblížiť.

V praktickej časti práce bude predstavená kazuistika pacienta s asthma bronchiale, dlhodobo trpiaceho dýchavičnosťou, ktorý absolvoval šesťtýždňový rehabilitačný program s dychovým trenažérom.

## 2 PREHĽAD POZNATKOV

Pri snahe pôsobiť na funkciu niektorej časti respiračného systému, je nevyhnutné nahliadať naň v celej jeho integrite, od nervového systému a riadenia, cez dýchacie svaly a mechaniku dýchania, až po samotnú respiračnú funkciu pľúc, keďže jeho jednotlivé zložky sú spolu úzko prepojené a navzájom sa recipročne ovplyvňujú (Chlumský, 2014). Je preto dôležité zoznámiť sa s procesmi, ktoré v systéme prebiehajú, ako aj s jeho jednotlivými časťami z hľadiska ich štruktúry a funkcie.

### 2.1 Dýchací systém

Dýchanie je celoživotný, do určitej miery vôľou ovplyvniteľný proces, za normálnych okolností prebiehajúci automaticky, bez vedomej kontroly. Tento proces je životne dôležitý, keďže výmena dýchacích plynov je nevyhnutná pre metabolizmus tkanív, ku ktorým je okysličená krv privádzaná pomocou kardiovaskulárneho systému. Funkcie respiračného a kardiovaskulárneho systému, spolu s ich riadením v centrálnom nervovom systéme (CNS), sú preto nevyhnutné pre zachovanie života jedinca, ako aj fungovanie celého organizmu a jeho integritu (Rokyta et al., 2016; Slavíková & Švíglerová, 2014).

Z funkčného hľadiska môžeme dýchací systém rozdeliť na respiračnú a distribučnú časť. *Respiračnú* časť tvorí alveolo-kapilárna membrána v alveolách pľúc. Je to jediná časť tela, kde prebieha alveolárna ventilácia, teda difúzia dýchacích plynov do krvi. Zvyšná časť respiračného systému, kde dýchacie plyny neprestupujú do krvi je takzvaná *distribučná* časť. Tvoria ju dýchacie cesty, ktorých funkciou je vdychnutý vzduch ohriať, zvlhčiť a očistiť od mechanických nečistôt. Všetok vzduch, ktorý nie je prostredníctvom difúzie v kontakte s krvou označujeme ako anatomicky mŕtvy priestor a tvorí asi 30 % (150 ml) celkového dychového objemu. (Rokyta et al., 2016).

### 2.2 Regulácia dýchania a inervácia dýchacích svalov

Dýchanie je veľmi komplexný dej, ktorý vyžaduje koordinovanú aktivitu respiračných svalov a radiacích centier CNS v mozgovom kmeni. Tieto centrá ovplyvňujú dýchacie svaly až do posledného vlákna a vďaka nim je dýchanie zaistené tak, aby prebiehalo s čo najmenším úsilím a zároveň bol v každej situácii k dispozícii dostatok kyslíka (Brinkman et al., 2022; Smolíková & Máček, 2013). Napriek tomu, že väčšinu života prebieha automaticky a mimovoľne, pre jeho priebeh sú dôležité informácie o dýchacích plynoch v arteriálnej krvi, informácie z pľúc a dýchacích ciest, vedené *nervus vagus* (Fenn, 1960; Rokyta et al., 2016).

Regulácia dýchania je založená na mechanizmoch spätnej väzby – aferentných impulzoch z chemoreceptorov a mechanoreceptorov a niekoľkostupňovej efektorovej štruktúre. Podnetmi pre chemickú reguláciu dýchania sú zmeny  $pO_2$ ,  $pCO_2$  a pH (Guyenet & Bayliss, 2015; Rokyta et al., 2016).

Nervovú kontrolu dýchania v rámci CNS a jeho rytmicitu zabezpečuje automatická aktivita ventrálnych a dorzálnych skupín neurónov dychového centra a pre-Bötzingerov komplex v predĺženej mieche, ktoré sú generátorom impulzov pre dýchacie svaly prostredníctvom motoneurónov periférnych nervov (Cloutier, 2018; Rokyta et al., 2016). Frenický nerv inervuje bránicu, zatiaľ čo *mm. intercostales* sú inervované ventrálnymi a dorzálnymi vetvami medzirebrových nervov, ktoré prebiehajú pozdĺž rebier. Predné vetvy inervujú *mm. intercostales externi*, zadné vetvy vedú k *mm. intercostales interni* (Čihák, 2002). Pri inšpirii sú aktivované motoneuróny nádychových svalov a inhibované motoneuróny výdychových svalov. Pri expírii je to práve naopak (Rokyta et al., 2016).

Hladká svalovina dýchacích ciest je inervovaná autonómym nervovým systémom. Jej tonus reguluje sympatikus a parasympatikus. Sympatikus svojou aktivitou dýchacie cesty dilatuje, zatiaľ čo pri aktivácii parasympatiku, kontrakciou hladkej svaloviny dolných dýchacích ciest, dochádza k zúženiu bronchov a zvýšeniu odporu dýchacích ciest prúdiacemu vzduchu – bronchokonstrikcii. Rovnako k bronchokonstrikcii dôjde aj pri poklese alveolárneho  $pCO_2$ , lokálnom znížení prekrvenia alveokapilárnej membrány, či vplyve fyzikálnych (suchý, chladný vzduch, fyzická záťaž) alebo chemických (serotonín, histamín, acetylchólin atď.) podnetov (Brinkman et al., 2023; Rokyta et al., 2016). Súčasťou regulácie dýchania je tiež blúdivý nerv (*nervus vagus*, X. hlavový nerv), ktorý na princípe spätnej väzby sprostredkuje nadradeným centrárom informácie z dýchacích ciest. Jeho tonická aktivita udržiava mierny tonus hladkého svalstva (Cloutier, 2018; Rokyta et al., 2016). Oblasti inervované n. vagus sa označujú aj ako tusigénna zóna a jej podráždenie vyvolá kašeľ (Hudák et al., 2018).

Automatickému dychovému centru v predĺženej mieche je nadradené vôľou ovplyvniteľné centrum v motorickej časti kortexu, ktoré je schopné na krátky, obmedzený čas prevziať, respektíve tmiť aktivitu automatického centra. Nervové dráhy oboch centier sú od seba oddelené a vedú impulzy na seba nezávisle (Slavíková & Švíglerová, 2014). Pri emocionálne vypätých situáciách, alebo bolesti sa do regulácie dýchania zapájajú aj limbické štruktúry, či hypothalamus (Slavíková & Švíglerová, 2014).

Riadiaci systém regulácie dýchania dokáže kompenzovať aj značné oslabenie dýchacích svalov vyslaním silnejšieho impulzu k ich aktivácii a zapojením pomocných dýchacích svalov a to už pri pokojnom dýchaní. Tento spôsob kompenzácie sa objavuje napríklad u pacientov s chronickým respiračným ochorením s poruchou dychového stereotypu. Riadiaci systém tak

udrží normálne hladiny arteriálneho  $p\text{CO}_2$  aj minútovú ventiláciu. Mechanizmus, ktorým systém rozpozná svalové oslabenie a prispôsobí mu motorický výstup, ale zatiaľ nie je známy (Laveneziana et al., 2019).

### 2.3 Anatomia pohybovej zložky dýchania

Štruktúry podieľajúce sa na rozpínaní pľúc a rozvíjaní hrudného koša sú súčasťou funkčného celku – ventilačnej pumpy. Ventilačná alebo respiračná pumpa je tvorená kostenými a väzivovými štruktúrami hrudníka, respiračnými svalmi a dýchacími centrami mozgu vrátane periférnych nervov, ktoré zabezpečujú spojenie svalov s centrálnym nervovým systémom (Žurková & Shudeiwa, 2012).

Zmeny objemu hrudníka a teda zmeny intratorakálneho tlaku, nutné k samotnému deju dýchania, umožňujú svojou aktivitou dýchacie svaly. V rámci dychového cyklu dýchacie svaly vykonávajú pohyb rebier v troch rovinách, ktorý je nasledovaný pohybom ďalších komponent a rozpínaním hrudníka. Spolu so znížením odporu dýchacích ciest tento mechanizmus umožňuje prúdenie vzduchu do pľúc (Gransee et al., 2015; Rokyta et al., 2016). Aktivita respiračných svalov vyžaduje vykonanie určitej práce. Práca inspiračných svalov potrebná na nádych je daná poddajnosťou ventilačnej pumpy. Poddajnosť pumpy závisí na morfológickom stave jej štruktúr, na polohe, respektíve objeme ventilačnej pumpy, z ktorej k inflácii dochádza (Chlumský, 2014; Lewith & Pandit, 2020). Pohyb ventilačnej pumpy, ako mechanickej časti dýchania, nesmie byť za bežných okolností energeticky veľmi náročný. Výnimkou sú situácie, ako napríklad dýchanie vo väčších nadmorských výškach, či práve chronické respiračné ochorenie, pri ktorých je na dýchanie potrebné vynaložiť oveľa viac úsilia, ako za fyziologických podmienok a stáva sa tak pre organizmus vyčerpávacím (Fenn, 1960; Slavíková & Švíglerová, 2014).

V situácii, kedy sú u pacienta s pľúcnym ochorením svalové vlákna dýchacích svalov v pokoji skrátene, je znížená poddajnosť ventilačnej pumpy, alebo je nutné prekonávať na konci výdychu vnútorný pozitívny alveolárny tlak, môžeme zaznamenať jav s názvom neuromuskulárna disociácia. Tento jav nastane, ak je na vyvolanie svalovej kontrakcie potrebná neprimerane vysoká intenzita nervového impulzu vychádzajúceho z dychového centra. Ako dôsledok pozorujeme neefektívnu ventiláciu spojenú so zvýšenou prácou dýchacích svalov (Chlumský, 2014).

### **2.3.1 Dýchacie svaly**

Dýchacie svaly plnia funkciu efektorového spojenia s komplexným systémom regulácie dýchania a umožňujú výmenu vzduchu medzi pľúcami a okolím v súlade s aktuálnymi požiadavkami tela (Geltser et al., 2019).

Je to skupina svalov zabezpečujúcich rozvíjanie hrudníka pri nádychu, kontrolu výdychu, expektorácie, smrkania, kašľa, reči a mnohých ďalších činností. Majú tiež funkciu posturálnu, stabilizačnú a podieľajú sa na pohyboch horných končatín a to za udržania čo najviac stabilných hodnôt celkovej minútovej ventilácie (Fenn, 1960; Kapandji, 2008).

Všetky tieto priečne pruhované kostrové svaly, podieľajúce sa na respirácii, môžeme rozdeliť podľa dychového pohybu na skupiny svalov inspiračných a expiračných. Podľa času ich zapojenia v rámci dýchacích pohybov rozlišujeme svaly hlavné a pomocné (Obrázok 1), pričom druhá zmienaná skupina sa u zdravého jedinca do dýchacieho deja zapája len pri prehĺbenom dýchaní, alebo fyzickej námahe. Pomenovanie je jednotné, avšak zaradenie jednotlivých svalov sa podľa rôznych autorov líši. Nejednotnosť zatriedenia hlavných a pomocných nádychových svalov vznikla okrem iného na podklade rôznych typov kontrakcie (excentrickej a koncentrickej) a ich zapojenia v dychovom cykle vzhľadom na premenlivé punctum fixum počas rôznych fáz dýchania. Ako hlavný nádychový sval však uvádzajú všetci autori bránicu (Kapandji, 2008; Neumannová et al., 2018).

Okrem funkcie hlavného inspiračného svalu, má bránica nezastupiteľnú funkciu tiež sfinkterovú a posturálnu, ktorá bola popísaná už v roku 1969. V rámci experimentu vtedy bola nameraná zvýšená elektrická aktivita bránice pri stoji na špičkách, teda v posturálne náročnejšej pozícii (Skládal et al., 1969). Zároveň sa aktiváciou bránice, spolu s autochtóнным svalstvom a svalstvom trupu, v rámci regulácie vnútrobrušného a vnútrohrudného tlaku, hrudník stáva prvou časťou tela, ktorú je dieťa v rámci ontogenetického vývoja schopné zastabilizovať. Hrudník je tak už od raného vývoja prvým pevným bodom pre svaly rozbiehajúce sa od neho (Dvořák, 1996; Lewit, 2003). Opakovane preukázaný fakt funkčnej súhry bránice a m. transversus abdominis podporil nález Dvořáka a Holibky (2006), ktorí vo svojej práci odhalili štrukturálne prepojenie týchto dvoch svalov. Úzke spojenie dýchacieho a pohybového systému prostredníctvom dýchacích svalov, či priame spojenie pohrudnice s bránicou (Hudák et al., 2018), svedčí o neoddeliteľnej participácii týchto dvoch systémov v plnení respiračnej a posturálnej funkcie. Bránica má v rámci funkčného celku hlbokého stabilizačného systému hlboko uložených svalov veľký význam v celom dychovom cykle, ako aj pri liečbe porúch dýchania rôznej etiológie (Neumannová et al., 2018; Smolíková & Máček,

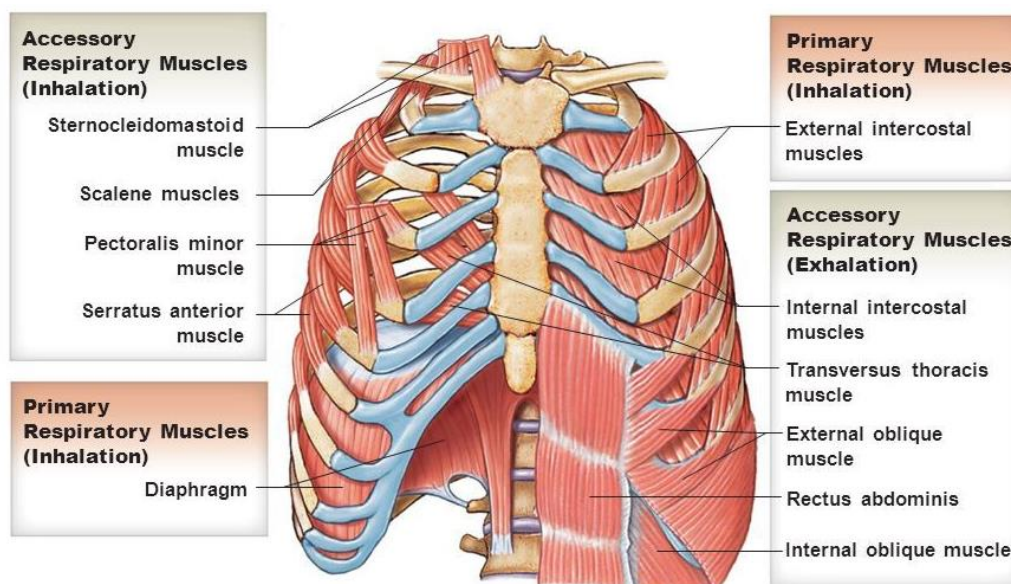


2013). Aj z tohto dôvodu je korekcia postúry dôležitou súčasťou komplexnej terapie pacientov s ochoreniami pľúc (Chlumský, 2014).

Spolu s bránicou medzi hlavné nádychové svaly zaraďuje Dylevský (2009) aj *mm. intercostales externi*, zatiaľ čo podľa Kapandjiho (2008) medzi ne patria aj *a mm. levatores costarum*.

Za pomocné nádychové svaly sú považované *m. sternocleidomastoideus*, *mm. scaleni*, *mm. pectorales*, spodné vlákna *m. serratus anterior*, *m. latissimus dorsi*, *m. serratus posterior superior*, *mm. suprahyoidei*, *mm. infrahyoidei* a *m. iliocostalis cervicis* (Dylevský, 2009; Kapandji, 2008). K svalom svoju aktivitou napomáhajúcim nádychu môžeme zaradiť aj svaly horných dýchacích ciest (sv. jazyka, hrtanu a horného podnebia), keďže udržiavajú dýchacie cesty priechodné a umožnia voľné prúdenie vzduchu do pľúc (Chlumský, 2014; Máček & Smolíková, 2013). Autochtónne svaly hrudníka a okolia, vrátane pomocných nádychových svalov, plnia okrem dýchacej funkcie aj funkciu posturálnu a pohybovú. Všetky tieto funkcie by mali byť z dlhodobého hľadiska vo vyváženom pomere, s prevahou posturálnej funkcie. V opačnom prípade sa preťažovanie a hyperaktivita jednotlivých svalových skupín, ako je to pri prevahe horného hrudného dýchania, klinicky prejaví svalovou dysbalanciou s poruchou dychového stereotypu. Medzi patologické prejavy vznikajúce sekundárne, v dôsledku primárneho postihnutia respiračného systému, napríklad chronickým respiračným ochorením, patrí tiež zmena držania tela s eleváciou ramien, rozvoj horného skríženého syndrómu, zvýšená únava a dýchavičnosť, často prítomné u týchto pacientov (Silbernagl & Lang, 2012; Smolíková & Máček, 2013). Uvedené prejavy následne vedú k ďalšiemu preťažovaniu a to hlavne krčnej chrbtice a k reťazeniu problému do iných segmentov (Neumannová et al., 2018).

Hlavnými expiračnými svalmi sú *mm. intercostales interni*. Je dôležité mať na pamäti, že výdych za bežných okolností prebieha ako pasívny dej vďaka energii vygenerovanej nádychovými svalmi uloženej v elastických komponentoch hrudníka a pľúc. Napriek tomu môže mať výdych aj aktívnu zložku, a to pri usilovnom výdychu, či výdychu proti odporu. V takomto prípade dôjde k zapojeniu aj pomocných výdychových svalov brušnej steny – *m. rectus abdominis*, *m. obliquus externus* a *internus abdominis*. Okrem svalov brušnej steny výdychu pomáhajú *m. iliocostalis thoracis*, *m. longissimus*, *m. serratus posterior inferior* a *m. quadratus lumborum*. Významnú úlohu plnia aj chrupavky rebier a vplyv gravitácie na rebrá (Čihák, 2002; Kapandji, 2008).



Obrázok 1. Hlavné a pomocné respiračné svaly (2015)

Poznámka. Hlavné nádychové svaly: *m. diaphragma*, *mm. intercostales externi*; pomocné nádychové svaly: *m. sternocleidomastoideus*, *mm. scaleni*, *m. pectoralis major*, *m. serratus anterior*; pomocné výdychové svaly: *mm. intercostales interni*, *m. transversus thoracis*, *m. obliquus externus a internus abdominis*, *m. rectus abdominis*

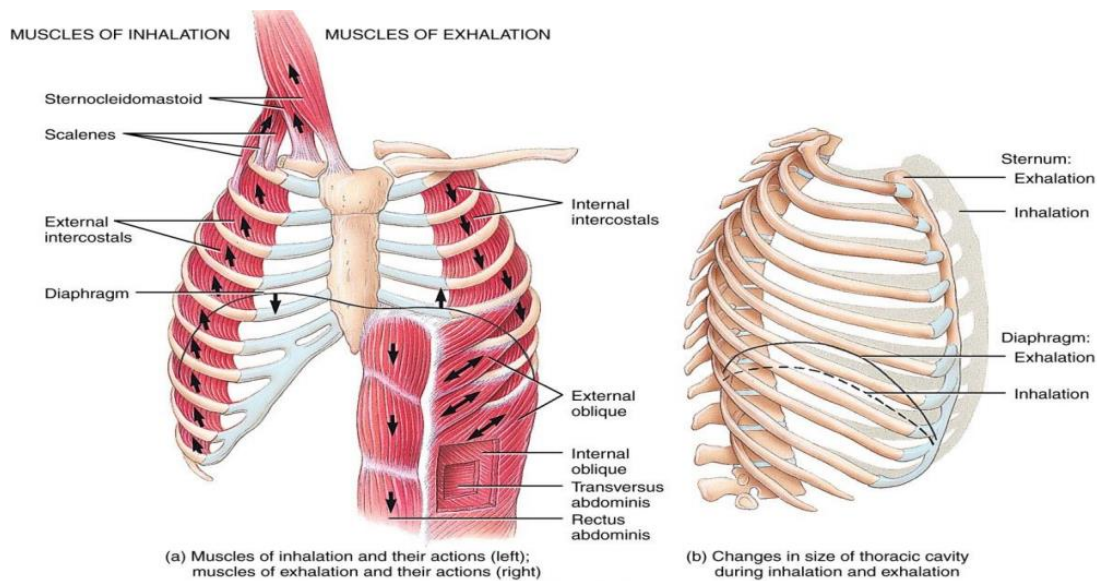
Napriek tomu, že bránica - hlavný nádychový sval a expiračné svaly sa javia vo svojej funkcii ako antagonisti, v skutočnosti sú zároveň synergistami a v rámci respirácie nemôžu fungovať jeden bez druhého. Obe skupiny svalov sú v stave neustálej kontrakcie, ale ich tonická aktivita sa v priebehu dychového cyklu recipročne mení. Existuje medzi nimi dynamická rovnováha (viď kap. Biomechanika dýchania) (Kapandji, 2008).

## 2.4 Biomechanika dýchania

Dýchanie samotné je možné vďaka rozdielu tlaku medzi alveolami a vonkajším prostredím, takzvanému tlakovému gradientu. K nádychu, teda prúdeniu vzduchu do pľúc, dochádza vplyvom zníženia alveolárneho tlaku, pri výdychu je tlak v alveolách vyšší. Tlakový gradient asi 6 cmH<sub>2</sub>O stačí na vdýchnutie 500 ml vzduchu pri pokojnom nádychu (Chlumský, 2014). Na vytvorenie negatívneho tlakového gradientu počas inspiria je potrebné zvýšenie objemu hrudného koša aktivitou inspiračných svalov (Obrázok 2) (Barrow & Pandit, 2014; Rokyta et al., 2016). Sila dýchacích svalov je prenášaná na pľúca pomocou vždy negatívneho interpleurálneho tlaku (Rokyta et al., 2016), pričom pľúca sú v rámci mechanizmu dýchacích pohybov pasívnym orgánom, ktorý mení svoj objem na základe zmien tlaku a objemu hrudníka. (Hudák et al., 2018).

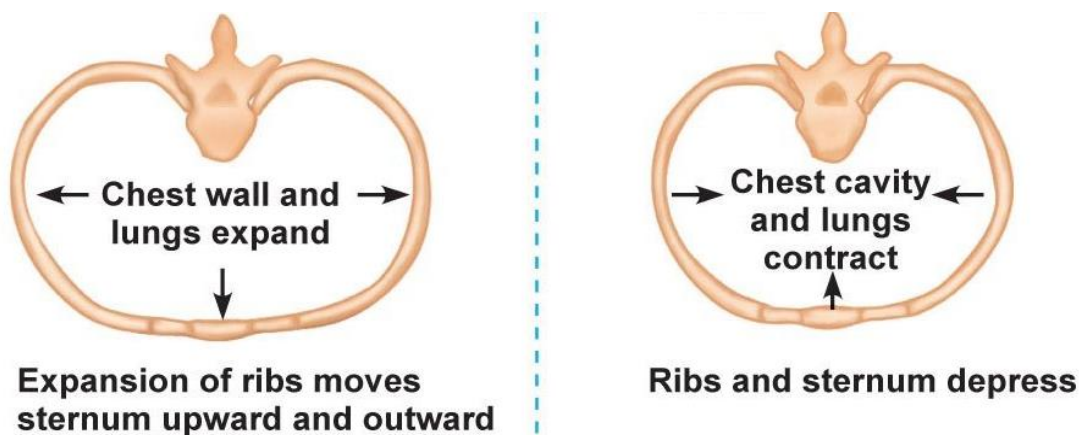
Počas inspíria dochádza kontrakciou svalovej časti bránice k miernemu rozšíreniu hrudného koša pohybom dolných rebier do strán. Punctum fixum v tejto fáze nádychu tvorí vnútorná strana rebier, úpony bránice a sternum. Centrum tendineum sa pri kontrakcii svalových vlákien bránice posúva kaudálne a na princípe piestu, ako hlavného inspiračného mechanizmu, zväčšuje objem hrudnej dutiny. Tým vznikne podtlak, ktorý umožní zväčšenie objemu pľúc. Klesá intrapleurálny tlak a vnútrobrušný tlak naopak rastie (Dylevský, 2009). Pri pretrvávajúcej kontrakcii bránice sa nakoniec centrum tendineum oprie o brušné orgány a zároveň sa excentricky kontrahujú brušné svaly, ktoré tvoria protiťah bránici a fixujú brušnú stenu. Ich zapojenie je výraznejšie pri pohybe (napr. chôdzi), kdeže tak napomáhajú posturálnej funkcii bránice (Slavíková & Švíglerová, 2014; Smolíková & Máček, 2013). Nasleduje takzvaná inverzia funkcie bránice, kedy sa vymení punctum fixum a punctum mobile. V ďalšej fáze dôjde k elevácii sternu a rebier, ktoré zároveň rotujú okolo osi kostovertebrálnych kĺbov (Obrázok 3). Pri prehĺbenom dýchaní sa spodná časť hrudníka ďalej rozširuje latero-laterálne a horná časť ešte viac smerom hore a do strán (Dylevský, 2009; Slavíková & Švíglerová, 2014). V prípade dychovej tiesne, prehĺbenom dýchaní, alebo pri neideálnom dychovom stereotype, sa pri nádychu zvyšuje tiež aktivita *mm. scaleni*, *m. sternocleidomastoideus*, *m. trapezius* a v prípade fixovania horných končatín aj *m. pectoralis major*, či ďalších pomocných nádychových svalov (Chlumský, 2014; Máček & Smolíková, 2013).

Výdych je za bežných okolností pasívny dej, avšak v prípade nutnosti usilovného výdychu, pri zvýšených nárokoch na ventiláciu, pri kašli, či výdychu proti odporu, dôjde k aktívnemu zapojeniu výdychových svalov (Dylevský, 2009; Slavíková & Švíglerová, 2014). Expiračné svaly sú na rebrá pripojené zdola a svojou aktivitou ich kaudalizujú (Hudák et al., 2018). Kontrakcia *mm. intercostales interni* a svalov brušnej steny spôsobí zvýšenie vnútrobrušného tlaku, ktorý pôsobí proti bránici a vytlačí ju späť do hrudnej dutiny. Expiračné svaly tak v tejto chvíli pôsobia ako dokonalý antagonista bránice, keď svojou kontrakciou redukujú rozmery hrudníka vo všetkých troch smeroch (Kapandji, 2008; Slavíková & Švíglerová, 2014).



Obrázok 2. Pohyby komponent hrudníka počas dychového cyklu (n.d.)

Poznámka. Obrázok vľavo (a): Inspiračné svaly a ich funkcia (vľavo), expiračné svaly a ich funkcia (vpravo); obrázok vpravo (b): Zmeny objemu hrudníka a pohyby bránice pri inspiriu a expiriu



Obrázok 3. Pohyby rebier a sterna v transverzálnej rovine v priebehu dychového cyklu (2011)

Poznámka. Vľavo (inspirium): hrudná stena a pľúca sa rozpínajú, expanziou rebier sa sternum posúva kraniálne a ventrálne; vpravo (expírium): hrudná dutina a pľúca sa zmršťujú, rebrá a sternum klesajú

### 2.4.1 Dychové odpory a dychová práca

Pri dýchaní konajú dýchacie svaly prácu a svojou kontrakciou prekonávajú elastické (statické) a prúdové (dynamické) odpory tvorené mechanickými silami pľúc a hrudníka. Zatiaľ čo pri nádychu zodpovedá vykonaná práca prekonaniu elastických síl pľúc a prúdového odporu dýchacích ciest, pri výdychu je práca vynaložená len na prekonanie prúdového odporu

a elastická sila pľúc výdychu napomáha (Rokyta et al., 2016). Pri pokuse o zvýšenie dychového objemu nad 60 % VC (TLC) musí organizmus prekonať nie len elastický retrakčný tlak pľúc, ale aj hrudnej steny. To je ale energeticky nevýhodné a okrem cieleného maximálneho nádychu sa nevyužíva (Chlumský, 2014).

Statický, alebo pružný odpor je daný elasticitou, respektíve poddajnosťou pľúcnych tkanív. Čím je poddajnosť vyššia, tým je statický odpor nižší. Za dynamickú zložku práce považujeme prekonávanie prúdového odporu, ktorý kladú dýchacie cesty a závisí na rýchlosti prúdu vzduchu. Prúdový odpor by mal byť v rámci ekonomickej práce svalov a dýchania čo najnižší (Neumannová et al., 2018; Novák & Paleček, 1999; Rokyta et al., 2016). Tento odpor sa smerom k periférii pľúc znižuje v súlade s Poiseuillovým zákonom. Najväčšia rezistencia je v oblasti HDC a prvých šiestich radoch bronchov (Hyde et al., 2009).

Dychovú prácu môžeme vypočítať ako súčin zmeny objemu pľúc ( $\Delta V$ ) a zmeny interpleurálneho tlaku ( $\Delta P_{pl}$ ), ktorý je na túto zmenu pľúcneho objemu potrebný (Neumannová et al., 2018; Rokyta et al., 2016).

Spôsob, akým prebieha ventilácia, teda výmena vzduchu medzi pľúcami a okolím, označujeme ako dychový vzor. Dychový vzor každého jedinca by mal byť nastavený tak, aby dýchacie svaly pracovali čo najefektívnejšie a bolo naň vynaložené čo najmenšie úsilie (Rokyta et al., 2016). Patologicky zmenená mechanika dýchania u pacientov s chronickým respiračným ochorením vedie k väčšej dychovej práci a zvýšeným nárokom na ventiláciu, ktorú oslabené dýchacie svaly nie sú schopné zaistiť. Pacienti trpiaci oslabením dýchacích svalov, spočiatku popisujú záťažovú dýchavičnosť a preto obmedzujú svoje pohybové aktivity, avšak neskôr, s progresiou ochorenia, sa začne dýchavičnosť objavovať aj v pokoji (Žurková & Shudeiwa, 2012).

K zmenám rezistencie dýchacích ciest (DC) dochádza aj v rámci dychového cyklu, ktorý predstavuje jeden nádych, nasledovaný výdychom. Počas maximálneho nádychu je polomer DC najväčší, z čoho vyplýva, že odpor kladený dýchacími cestami je vtedy najnižší a naopak. Tento jav významne ovplyvňuje tvar inspiračnej a expiračnej časti slučky prietok/objem, ktorá je zaznamenaná počas usilovných manévrov (Borge et al., 2010; Chlumský, 2014). Koniec maximálneho výdychu, teda veľkosť RV je do značnej miery daný priechodnosťou respektíve rezistenciou periférnych dýchacích ciest. Tento odpor sú expiračné svaly schopné čiastočne prekonať, pokiaľ nedôjde k úplnému kolapsu DC (Wongviriyawong et al., 2013).

Zvýšenie odporu dýchacích ciest prúdiacemu vzduchu je charakteristické pre obštrukčný typ ventilačnej poruchy, akým je napríklad CHOCHP či AB. Pri intratorakálnej príčine zvýšenia rezistencie je postihnuté prevažne expírrium (Neumannová et al., 2018; Silbernagl & Lang, 2012). Príčinou zvýšeného odporu DC môže byť napríklad prítomnosť edému, hlienu alebo

hypertrofie sliznice (Barrow & Pandit, 2014). Práve takto zvýšený odpor dýchacích ciest je častou príčinou dýchavičnosti pacientov s chronickým obštrukčným ochorením (Ward, 2005). V terminálnom štádiu pľúcneho emfyzému môžu byť ale za zvýšenie celkovej rezistencie DC zodpovedné aj samotné bronchioly. Zvýšením odporu periférnych DC dôjde pri výdychu k spomaleniu prúdenia vzduchu, následkom čoho je nedostatočné vyprázdnenie pľúc a teda vyšší objem vzduchu v pľúcach na konci výdychu (EELV) – posun ventilácie do vyšších pľúcnych objemov a rozvoj sekundárnych klinických ťažkostí vrátane už spomínanej dýchavičnosti (Chlumský, 2014).

Podľa nameraných hodnôt usilovne vydýchnutého vzduchu za 1. sekundu po maximálnom nádychu ( $FEV_1$ ), Tiffenaovho indexu, usilovných expiračných prietokov (FEF), či podľa maximálnych prietokov vydýchnutého vzduchu (MEF) možno určiť o aký stupeň obštrukcie periférnych DC sa jedná (Kandus & Kociánová, 2001; Kolek et al., 2010).

## **2.5 Patofyziológia dýchacej sústavy pri chronických respiračných ochoreniach**

Je dôležité mať na pamäti, akým spôsobom môžu pľúcne a mimopľúcne ochorenia ovplyvniť funkciu respiračného systému a ako sa takéto postihnutie prejaví klinicky (Chlumský, 2014). Vplyv samotných respiračných svalov na rozvoji respiračného zlyhania závisí na forme a stupni pľúcnej patológie a závažnosti systémových prejavov ochorenia. Faktory ako excesívna proteolýza, oxidatívny stres, hypoxia, či chronický systémový zápal sú schopné modifikovať morfofunkčný stav dýchacích svalov. Dôsledkom je zhoršenie ich schopnosti kontrakcie, ktoré prispieva k zvýšenému riziku rozvoja respiračného zlyhania (Geltser et al., 2019).

### **2.5.1 Dynamická pľúcna hyperinflácia**

Statická pľúcna hyperinflácia je patologicky zvýšený objem pľúc na konci výdychu. Dynamická hyperinflácia (DH) je stav, ktorý je výsledkom reakcie poškodených pľúc na zvyšovanie ventilácie počas fyzickej záťaže, keď dôjde k vzostupu, či demaskovaniu statickej hyperinflácie (Kolek et al., 2010). Pri zvýšenej pľúcnej poddajnosti a/alebo zvýšenej rezistencii periférnych dýchacích ciest (CHOCHP, asthma bronchiale,...), dochádza pri usilovnom výdychu k zúženiu až kolapsu periférnych dýchacích ciest (Bates & Suki, 2008; Kaminsky & Chapman, 2020). Dôsledkom je výrazné predĺženie času potrebného na návrat do pokojnej dychovej polohy (FRC). Klinicky sa tento stav prejaví vzhľadom na zvýšenú frekvenciu dýchania nedokončeným výdychom a každý ďalší nádych začína nad úrovňou pokojnej výdychovej polohy. Dýchanie tak prebieha vo vyšších inspiračných polohách, ktoré sú pre dýchanie neefektívne a neekonomické. U osôb s CHOCHP prebieha pokojné dýchanie v rozmedzí asi 70

% TLC, zatiaľ čo u zdravého jedinca len 45-55% TLC. Tento rozdiel je ešte výraznejší práve pri fyzickej záťaži (Kakavas et al., 2021; Kolek et al., 2010).

Postihnutie pľúcnych tkanív nie je rovnomerné a vedľa seba sa nachádzajú časti viac poškodené a tie, kde elasticita zostáva zachovaná. Rôzny stupeň poškodenia rozdielnej intenzity v rôznych oblastiach pľúc spôsobuje nerovnomernú ventiláciu a perfúziu. V oblastiach s vyššou prímiesou venózneho krvi vzniká arteriálna hypoxémia, ktorej následkom je zníženie saturácia krvi kyslíkom. Okrem sledovania SpO<sub>2</sub> je možné zaznamenať samotnú DH a to meraním inspiračnej pľúcnej kapacity (IC), ktorá odráža zmenu polohy EELV v priebehu záťaže. Zvýšenie EELV je na jednej strane kompenzačným mechanizmom, ktorý umožní dýchať v úrovni s vyšším priesvitom priedušiek, na strane druhej ale dochádza k poklesu inspiračnej kapacity, keďže TLC je fixná a zvyšuje sa práca dýchacích svalov, spolu so súčasným zapojením viacerých pomocných dýchacích svalov (Emtner & Hedin, 2005; Vondra et al., 2003). Spolu s poklesom IC nastáva recipročné zvýšenie FRC, čo sa klinicky prejaví dýchavičnosťou a zníženou toleranciou fyzickej záťaže (Kolek et al., 2010). Pomer inspiračnej kapacity k celkovej pľúcnej kapacite (IC/TLC) sa tiež ukázal byť významným rizikovým faktorom a prediktorom akútnych exacerbácií a úmrtnosti pacientov s CHOCHP (Cardoso et al., 2018; Chlumský, 2014).

### **2.5.2 Dýchavičnosť, kašeľ a bronchiálna hypersekrécia**

Medzi najčastejšie príznaky respiračných ochorení patria dyspnoe, kašeľ a nadmerná produkcia hlienu, ako známka prebiehajúcich patologických procesov v dýchacích cestách (Chevaillier, 2002; J. Pryor & Prasad, 2009). Pacienti ani odborníci zatiaľ nie sú schopní presne určiť, ktorý z týchto príznakov je hlavným spúšťačom, či príčinou stavu dychovej tiesne. Jedná sa o začarovaný kruh, v ktorom jeden mechanizmus potenciuje druhý (Spruit et al., 2013a).

Subjektívny pocit nedostatku vzduchu – dýchavičnosť (dyspnoe) býva prvým príznakom CHOCHP. Je to zároveň najviac limitujúci faktor pohybovej aktivity u pacientov s týmto ochorením. Dýchavičnosť sa zvyšuje spolu so zvyšujúcou sa únavou dýchacích svalov a u pacientov s CHOCHP je často spojená s ďalšími príznakmi ako sú depresia, úzkosť, únava, či poruchy spánku a celkovo znížená kvalita života (Borge et al., 2010; Ioanna et al., 2011). Samotná dýchavičnosť je pre pacienta nesmierne obťažujúcim príznakom, preto je zároveň nezriedka hlavným dôvodom pacientovej aktívnej účasti na respiračnej rehabilitácii a liečbe celkovo (Martínez-Moragón et al., 2008; Smolíková & Máček, 2013). Bohužiaľ, neexistuje priama či lineárna korelácia medzi dýchavičnosťou a spirometrickými údajmi, keďže na vzniku dyspnoe sa podieľa viacero činiteľov. Tento fakt značne komplikuje indikáciu pacientov k pľúcnej rehabilitácii (Souza et al., 2022). Pre lepšie hodnotenie a objektivizáciu vnímanej

dýchavičnosti, či pre nepriame sledovanie efektu RFT možno využiť Borgovu škálu dýchavičnosti (Kolek et al., 2010).

Možností ovplyvnenia dýchavičnosti pacienta je niekoľko. Pre väčšinu pacientov je dobre známa technika dýchania cez našpúlené pery (pursed-lip breathing), ako pomôcka na úľavu od akútnej dýchavičnosti (Lu et al., 2020). Technika tiež umožní predĺženie výdychu a tým pokles dychovej frekvencie, zvýšenie dychového objemu so znížením EELV a následné zefektívnenie dýchania (Bhatt et al., 2013; Spahija et al., 2005). Zlepšuje sa tiež saturácia hemoglobínu kyslíkom a v neposlednom rade pôsobí ako prevencia bronchokolapsu (Pryor & Weber, 2002). Ďalšou z možností je podávanie bronchodilatačnej medicíny, ktorej pôsobenie je ale obmedzené len na čas užívania. Aj preto je snaha v rámci rehabilitácie pacientov smerovať k pohybovej liečbe v kombinácii s vhodnými pomôckami na domáci tréning. Môže sa jednať napríklad o dychové trenažéry zvolené individuálne, na základe stavu pacienta a cieľa respiračnej fyzioterapie (Borge et al., 2014; Lu et al., 2020). Prostredníctvom aktivity dýchacích svalov zvýšením adaptácie na telesnú záťaž (zvýšenie adaptácie dynamickej hyperinflácie, zníženie acidózy, ako výsledok zvýšenej oxidatívnej enzymatickej kapacity veľkých končatinových svalov, čo vo výsledku bráni vzniku metabolickej acidózy), môžeme docieľiť dlhodobé zníženie záťažovej dýchavičnosti, a to hlavne tréningom v submaximálnej intenzite. Okrem metabolickej zmeny je možné docieľiť aj zvýšenie aktivácie sympatiku a extrakcie kyslíku v pracujúcich svaloch (Casaburi et al., 1997). Dosiahnutie požadovaného efektu je tu závislé na aktívnej spolupráci a úsilí pacienta, čo je v tomto prípade významným limitujúcim faktorom. Dýchavičnosť je možné dočasne znížiť tiež invazívnym operačným zásahom s odstránením emfyzematicky poškodeného pľúcneho tkaniva (Smolíková & Máček, 2002).

Pacienti s chronickou únavou dýchacích svalov by mali využívať kombináciu odpočinkových polôh a kontrolovaného dýchania, ktoré má práve v odpočinkových polohách najvyššiu účinnosť (Smolíková & Máček, 2002).

Hypersekrécia hlienu je neoddeliteľnou súčasťou obranného mechanizmu dýchacích ciest v rámci zápalovej odpovede organizmu na bakteriálne, chemické a iné stimuly. Zároveň je jedným z hlavných klinických a patologických rysov typických pre cystickú fibrózu (CF), asthma bronchiale (AB) a chronickú obštrukčnú chorobu pľúc (CHOCHP) (Kim, 1997; Rogers, 1994; Shale & Ionescu, 2004). Hlien v dýchacích cestách zachytáva patogény a čistočky. Následne umožňuje ich odstránenie z pľúc prostredníctvom ciliárneho transportu a kašľa (Shah et al., 2023).

Produktívny alebo štekavý kašeľ je častým spúšťačom stavu dychovej tiesne a naopak, dýchavičnosť spúšťačom kašľa. Všetky tieto symptómy, kašeľ, bronchiálna hypersekrécia a dýchavičnosť, sú pre chronické ochorenia dýchacích ciest typické a pri ich tlmení



postupujeme systematicky a komplexne, s prihliadnutím na individualitu každého chorého (Neumannová et al., 2018).

## **2.6 Najčastejšie chronické pľúcne ochorenia**

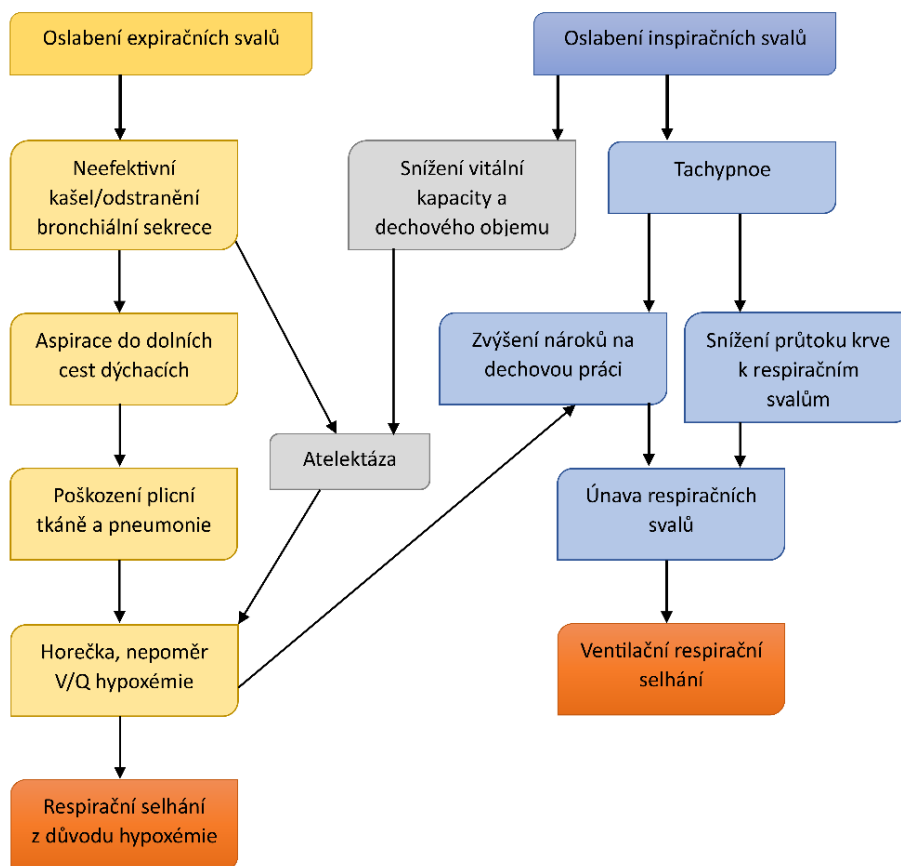
Chronické pľúcne ochorenia sú chronické ochorenia postihujúce dýchacie cesty a ďalšie pľúcne štruktúry. Sekundárne môžu okrem respiračného zasahovať aj do iných systémov. Táto skupina predstavuje širokú škálu závažných ochorení so stále rastúcou prevalenciou, ktoré tvoria veľkú socio-ekonomickú záťaž spoločnosti a v neposlednom rade potenciálne ohrozujú pacienta nie len na zdraví, ale aj na živote (WHO, 2007).

### **2.6.1 Chronická obštrukčná choroba pľúc**

Chronická obštrukčná choroba pľúc (CHOCHP) je progresívne, heterogénne, komplexné ochorenie a podľa WHO momentálne treťou najčastejšou príčinou smrti na svete (Agusti, 2014; Gloeckl et al., 2018; WHO, 2023). Práve kvôli svojej vysokej morbidite a mortalite tvorí veľkú socio-ekonomickú záťaž pre zdravotnícky systém a spoločnosť (Soriano et al., 2017). CHOCHP je definovaná ako liečiteľné ochorenie, avšak obmedzenie prietoku vzduchu v prieduškách (bronchiálna obštrukcia), spravidla spojené s postihnutím pľúcnej komponenty, úplne zvrátiť nemožno. Bronchiálna obštrukcia vzniká na podklade primárne neinfekčného chronického zápalu pľúcneho parenchýmu a dýchacích ciest, v kombinácii so zánikom alveolárnych sept - emfyzémom (Kolek, 2019).

Okrem samotného postihnutia pľúc má toto nenápadne progredujúce celoživotné ochorenie mnohé mimopľúcne prejavy, a to hlavne v kardiovaskulárnom a muskuloskeletálnom systéme (Kolek, 2019). Patologické zmeny priamo v respiračnom systéme typicky postihujú proximálne DC, periférne priedušky (s priemerom menším ako 2 mm) a pľúcny parenchým (emfyzém), kde prebieha chronický zápal a ireverzibilné štrukturálne zmeny – zhrubnutie steny, obštrukcia muko-zápalovým exsudátom a emfyzém, ktoré obmedzujú prietok vzduchu (Burgel et al., 2011). Z funkčného hľadiska rozlišujeme zdravú časť pľúc a časť postihnutú emfyzémom s poruchou perfúzie, ktorá sa funkčne prejavuje ako mŕtvy priestor a komplikuje tak fyziologické procesy dýchania (Smolíková & Máček, 2013). Pacientov v dennom živote najviac obmedzuje progredujúca dýchavičnosť spojená so zníženou toleranciou fyzickej záťaže a vyčerpávajúci kašeľ s expektoráciou hlienu (Kolek et al., 2010). Väčšina pacientov trpí oslabením a únavou dýchacích svalov, zvýšenou rezistenciou dýchacích ciest, hypersekréciou hlienu a hyperinfláciou. Funkčná aktivita inspiračných aj expiračných svalov je znížená (Laveneziana et al., 2014; Mota et al., 2007a; Tout et al., 2013). Zvyšujúce sa

oslabenie dýchacích svalov možno rozpoznať podľa tachypney (viac ako 25 nádychov za minútu), nepravidelného dychu, či Hooverovho symptómu. V dychovom stereotypy teda často pozorujeme torakoabdomálnu asynchróniu, v pokročilejších štádiách ochorenia spojenú so zníženou dynamikou bránice (Chung & Adcock, 2008; Clanton & Levine, 2009). Rýchle a plytké dýchanie je však energeticky veľmi nevýhodné a vedie k rýchlejšej únave dýchacích svalov (Macklem, 2010). Sila dýchacích svalov pri CHOCHP priamo koreluje s toleranciou fyzickej záťaže. Táto kombinácia klinických prejavov spôsobuje neustále preťažovanie systému počas dýchania a napokon často vyústi k chronickej dychovej nedostatočnosti a respiračnému zlyhaniu (Obrázok 4) (Barreiro & Gea, 2015; Corlateanu et al., 2016).



Obrázok 4. Schéma oslabenia respiračných svalov a jeho dopady na respiráciu (upravené) (Žurková & Shudeiwa, 2012)

Viacere štúdie potvrdzujú, že v dýchacích orgánoch, bránici a ďalších dýchacích svaloch dochádza k významnej morfofunkčnej adaptácii na prolongovanú vysokú záťaž spojenú s CHOCHP (Clanton & Levine, 2009; De Troyer & Sampson, 1982; Geltser et al., 2019). Zmeny prebiehajú vplyvom hyperfunkcie, hypertrofiie myocytov, s následným vyčerpaním ich schopnosti regenerácie a pri závažných prípadoch dokonca náhradou svalových vlákien spojivovým tkanivom (De Troyer & Sampson, 1982; Geltser et al., 2019). Vo vzorkách biopsie

bránice pacientov s emfyzémom boli pozorované zmeny pasívnych mechanických vlastností a zvýšený obsah kolagénu (Moore et al., 2006; Ottenheim et al., 2006; Scott, 2006). Jedna zo štúdií okrem toho naznačuje, že vlákna bránice by mohli byť náchylnejšie k poškodeniu spôsobenému natiahnutím (Scott, 2006). Na druhej strane, má ale bránica u týchto pacientov, zrejme kvôli zmene fenotypu svalových vlákien (Decramer et al., 2008), nižšiu unaviteľnosť a vyššiu metabolickú kapacitu na bunkovej a biochemickej úrovni (Clanton & Levine, 2009). Je zjavné, že u pacientov k zmenám mikrocirkulácie, hustoty mitochondrií, zníženiu senzitivity svalov na  $Ca^{2+}$  (van Hees et al., 2009), zmene pomeru vlákien typu I a II kvôli zefektívneniu práce svalov (Clanton & Levine, 2009), k atrofii a k zmene priemeru svalových vlákien v rámci patologických procesov spojených s CHOCHP dochádza. Autori sa však nezhodnú na konkrétnej podobe zmien, či ich rozsahu (Farkas & Roussos, 1984; Lewis et al., 1992). Podľa viacerých štúdií sa javí, že so zvýšeným počtom oxidatívnych vlákien typu I v kostálnej časti bránice priamo koreluje závažnosť ochorenia, rozsah hyperinflácie a teda aj porucha pľúcnych funkcií (Doucet, 2004; Levine et al., 1997, 2002, 2003; Stubbings et al., 2008). K atrofií dýchacích svalov a okrem iného aj k rozvoju komorbidít u pacienta prispieva tiež chronický systémový zápal v organizme sprevádzajúci CHOCHP a zvýšená hladina TNF spolu s ďalšími cytokínmi (Chung & Adcock, 2008; Decramer et al., 2008; M. B. Reid & Li, 2001; Wouters, 2005). Kombinácia vyššie zmienených lokálnych a systémových faktorov je hlavnou príčinou rozvoja dysfunkcie respiračných svalov (Geltser et al., 2019; Mathur et al., 2014). Všetky tieto zmeny podľa niektorých autorov poukazujú na určitý druh dysfunkcie, či svalovej poruchy, zatiaľ čo iní autori ich považujú za zmeny adaptačné (Clanton & Levine, 2009; Ottenheim et al., 2005, 2006, 2007; Stubbings et al., 2008).

Zlatým štandardom na potvrdenie diagnózy CHOCHP je spirometrické vyšetrenie slučkou prietok/objem aj kvôli tendencií periférnych dýchacích ciest kolabovať hlavne pri usilovnom výdychu a bronchodilatačný test, ktorý je vhodnou diferenciálnou diagnostikou pri odlišovaní CHOCHP a AB (Kakavas et al., 2021). Napriek tomu, že približne 10 % astmatikov trpí súčasne CHOCHP, nesmieme zabúdať na to, že sú to z morfológického hľadiska dve rozdielne choroby. Aj keď majú niektoré príznaky zhodné, či podobné a u oboch je prítomná obštrukcia priedušiek, u AB je táto obštrukcia zvyčajne reverzibilná, zatiaľ čo u CHOCHP je progredujúca a nie úplne reverzibilná (Kolek et al., 2010). Kombinácia CHOCHP a AB sa okrem obštrukcie dýchacích ciest prejavuje aj znakmi „neutrofilického zápalu“, pričom systémový zápal je zároveň hlavný patologický mechanizmus ktorý tieto dve ochorenia spája (Tochino et al., 2017). Systémové prejavy pri prekrývaní CHOCHP a AB môžu zvýrazniť dysfunkciu dýchacích svalov a zvýšiť podiel tohto faktoru na vzniku respiračného zlyhania (Geltser et al., 2019).

Komplexná terapia samotnej CHOCHP zahŕňa okrem režimových opatrení farmakoterapiu, prípadnú chirurgickú liečbu, edukáciu pacientov a ich rodín a v neposlednom rade rehabilitáciu v trvaní najmenej 2 mesiace zacielenú na obťažujúce klinické prejavy. Rehabilitácia by mala byť neoddeliteľnou súčasťou terapie od počiatku ochorenia a zahŕňať by mala prvky respiračnej fyzioterapie, dychovú gymnastiku, mobilizačný strečing, kondičné cvičenie a úpravu denného režimu spolu s výživou. U pacientov v II.-IV. štádiu s nechceným úbytkom hmotnosti, respektíve svalovej hmoty, je indikovaná tiež špeciálna klinická výživa podporujúca tvorbu svalovej hmoty. Morbiditu CHOCHP zvyšujú a komplikujú komorbidity (ICHS, TEN, GERD, ...) a naopak CHOCHP komplikuje liečbu a priebeh iných ochorení pacienta. Preto akákoľvek liečba cielená na zníženie počtu a závažnosti exacerbácií je považovaná za prínosnú a spomaľuje progresiu ochorenia (Agusti et al., 2011; Kolek et al., 2010; Neumannová et al., 2018). Predpokladom pre úspešnú liečbu je multidisciplinárny prístup tímu špecialistov (Kašák, 2006; Musil et al., 2008).

### **2.6.2 Asthma bronchiale**

Astma bronchiale (AB) postihuje významnú časť celosvetovej populácie a je najčastejším chronickým ochorením detského veku so stále rastúcou prevalenciou. Väčší vplyv na výskyt, ako genetické faktory, má však vonkajšie prostredie, teda faktory socio-ekonomické. Aj keď je sa jedná o celoživotné, nevyliciteľné ochorenie, je pomerne dobre liečiteľné (Sedlák et al., 2011). Dôslednou kontrolou zápalu je možné zbaviť pacienta obťažujúcich príznakov a priaznivo ovplyvniť aj dlhodobý vývoj ochorenia (Kolek, 2019). Avšak napriek veľkým pokrokom posledných rokov je stále nedostatočne a neskoro diagnostikovaná a liečená (Kolek et al., 2010). Asthma je definovaná ako chronické zápalové ochorenie dýchacích ciest spojené s ich štrukturálnymi zmenami. Medzi tieto zmeny patrí metaplázia epitelu, fibróza dýchacích ciest, hyperplázia hladkej svaloviny, zväčšenie mukózných žliaz, abnormality elastínu a ďalšie (Bai & Knight, 2005; Fixman et al., 2006). Chronický zápal vedie k prieduškovej hyperreaktivite a k opakujúcim sa epizodám dýchavičnosti, hvízdavého dýchania, pocitu ťažoby, zvierania na hrudi, či dráždivého kašľa a to hlavne v noci, alebo v skorých ranných hodinách (Kolek, 2019). Vysoká frekvencia výskytu príznakov s vyústením do exacerbácie, kedysi nazývanej akútnej astmatickej záchvat, môže pri neliečení skončiť letálne (Kolek et al., 2010).

Spočiatku je kompenzačným mechanizmom organizmu s cieľom zvýšiť priechodnosť dýchacích ciest pri obštrukcii pulmonálna hyperinflácia (McCarren, 1992). Pri ťažších prípadoch AB ale nastane výrazné prudké zvýšenie hyperinflácie a dôjde k poklesu efektivity práce dýchacích svalov (Barkova et al., 2016; Papiris et al., 2002). Svalové vlákna sú za týchto

okolností dlhodobu mechanicky preťažované (Weatherald et al., 2017) a v týchto závažných stavoch hyperinflácia už nie len nekompensuje zníženú bronchiálnu priechodnosť, ale zvyšuje energetickú náročnosť nádychu (Lougheed et al., 2006; Papiris et al., 2002; Pereira et al., 2015). So zvyšujúcou sa hyperinfláciou stúpajúcim RV zároveň klesá mobilita bránice v rámci dychového cyklu (Geltser et al., 2019; Ramos et al., 2015). Bránica sa dostáva do mechanicky a funkčne nevýhodného postavenia, sploštuje sa a kompenzačne k zvýšenému odporu pri dýchaní hypertrofuje (Geltser et al., 2019; Hellebrandová et al., 2016). Zatiaľ čo pri stabilnej kontrolovanej AB väčšina pacientov nepociťuje výraznejšie oslabenie dýchacích svalov (Weatherald et al., 2017), v pokročilom štádiu ochorenia, pri vyčerpaní kompenzačných mechanizmov, môže nastať hypotrofia až dystrofia bránice s následným zlyhaním dýchacích svalov a respirácie (Geltser et al., 2019; Gimeno-Santos et al., 2018). Podľa štúdie z roku 2021 (Sakkatos et al.) by mohli byť niektoré dychové parametre, konkrétne ich zmeny v čase a torakoabdominálne pohyby, použité k predikcii, či klasifikácii stupňa postihnutia AB a teda k predchádzaniu ťažkým prípadom nekontrolovanej AB. Tieto objektívne merania zmien dychového vzoru by tak nahradili súčasné hodnotenie pomocou dotazníkov ohľadom kontroly AB (Alzaharani & Becker, 2016; Tobin, 1992). Epizódy dráždivého kašľa sú zvyčajne spojené s variabilnou obštrukciou, ktorá je často reverzibilná spontánne, alebo vplyvom liečby (Kolek et al., 2010). AB je typická nielen svojimi rôznymi klinickými formami (fenotypmi), ale aj interindividuálnou a časovou intraindividuálnou variabilitou, na ktorú je nutné včas terapeuticky reagovať (Kolek, 2019).

Nefarmakologická liečba spočíva najmä v zamedzení expozície vyvolávateľom alebo spúšťačom príznakov a v podstate znamená sekundárnu (zabraňujúcu progresii), resp. terciárnu (zabraňujúcu vzniku komplikácií) prevenciu (National Asthma Education and Prevention Program, 2007). U ťažších foriem astmy, prípadne pri jej kombinácii s CHOCHP (Asthma COPD Overleap, ACO) je indikovaná respiračná fyzioterapia, resp. komplexná pľúcna rehabilitácia (Kateřina Neumannová et al., 2014). V rámci adjuvantnej terapie k farmakoterapii býva indikované aj dychové cvičenie a cvičenie ako také (Carson et al., 2013; Garagorri-Gutiérrez & Leirós-Rodríguez, 2022; Santino et al., 2020; Shei et al., 2016).

Farmakologická liečba spočíva v podávaní úľavových, alebo kontrolujúcich antiastmatík, ktoré pacient užíva pravidelne a to aj v bezpríznakovom období. (Kolek et al., 2010). Úskalím dlhodobého inhalačného a systémového užívania glukokortikosteroidov je pri ťažkej nekontrolovanej AB zhoršenie metabolizmu minerálov a proteínov, spojené s ochabovaním svalov vrátane respiračných (Bodine & Furlow, 2015; Decramer et al., 1994; Perez et al., 1996). U pacientov, ktorí užívali kortikosteroidy perorálne bolo oslabenie inspiračných svalov výraznejšie, ako pri podávaní liekov inhalačnou cestou (Teodorescu et al., 2014), preto je pri

aplikácií antiastmatík preferovanou formou podávania liekov inhalačná (Kolek et al., 2010). Hlavným cieľom liečby AB je získanie a udržanie kontroly nad ochorením, ale so súčasnou snahou o minimalizáciu nutnej farmakoterapie (Kolek et al., 2010).

### **2.6.3 Cystická fibróza**

Cystická fibróza (CF, mukoviscidóza) je najbežnejšie smrteľné autozomálne recesívne dedičné ochorenie belošskej populácie (Kolek et al., 2010). Spôsobuje ho porucha funkcie exokrinných žliaz (defekt chloridových kanálov), ktorá vedie k tvorbe hustého viskózneho sekrétu (hlienu) hlavne v pľúcach a pankrease. Práve postihnutie pľúc je častou príčinou komplikácii a smrti pacientov s CF (Elborn, 2016). Pacienti sa ocitajú v bludnom kruhu retencie hlienu, bakteriálnej kolonizácie, chronického zápalu respiračnej sliznice spojeného s jej deštrukciou a tak ďalším zhoršením mukociliárnej clearance (Kolek et al., 2010; Zach, 1990).

Patologické procesy a zmeny torakopulmonálnych mechanických vlastností v respiračnom systéme môžu narušiť tiež funkciu dýchacích svalov, vrátane poklesu maximálnej sily nádychu (Pradal et al., 1994) a modifikácie dychového vzoru (Coates et al., 1988). Tieto zmeny sa prejavia, či zvýrazia počas fyzickej záťaže (Regnis et al., 1991, 1996), alebo v prípade pridruženej CHOCHP v pokročilom štádiu (Keochkerian et al., 2008a). Ak je FEV<sub>1</sub> nižší ako 40 % predpokladanej hodnoty, býva dychový vzor pozmenený aj v pokoji (Hart et al., 2002). Konkrétne pozorujeme zrýchlené a povrchové dýchanie (Keochkerian et al., 2008b). Zhoršenie klinických prejavov CF u pacientov koreluje so stupňom hyperinflácie a závažnosťou obštrukcie dýchacích ciest (Hart et al., 2002; Keochkerian et al., 2008b).

Liečba CF spočíva v riedení sputa inhalačnou liečbou nasledovaná jeho mobilizáciou a evakuáciou (Airway clearance techniques, ACT), podporená podávaním antibiotík a respiračnou fyzioterapiou (Chen et al., 2021; Kolek et al., 2010). Podľa review z roku 2020 (Stanford et al.) zatiaľ neexistuje dostatok jednoznačných dôkazov o pozitívnom vplyve tréningu dýchacích svalov, expiračných, či inspiračných, na stav a pľúcne funkcie pacientov s CF. Pretrváva názor individuálneho posúdenia zaradenia tréningu dýchacích svalov do terapie na základe klinického stavu pacienta (Hilton & Solis-Moya, 2018).

### **2.6.4 Intersticiálne pľúcne procesy**

Intersticiálne pľúcne procesy (IPP) sú veľmi početnou skupinou ochorení postihujúcich dýchacie ústroje (Kolek et al., 2010). Prevalencia je zrejme podstatne vyššia, ako uvádzajú epidemiologické dáta, kvôli náročnej diagnostike a častému nerozpoznaniu ochorení (Kolek, 2019). Napriek rôznorodosti ochorení tejto skupiny, pre všetky je typické difúzne poškodenie

pľúcneho parenchýmu, preto je ich klinický, rádiologický aj funkčný obraz podobný (Kolek et al., 2010). V dôsledku akútnych a chronických imunopatologických zápalových procesov často dochádza k fibróze interstícia i alveolárnych priestorov, čím je narušená pľúcna architektonika aj funkcia. Najvýznamnejšie sa funkčné zmeny prejavia zníženou poddajnosťou pľúc, ako dôsledok straty pľúcneho objemu, redukovanej distenzibility alveol, zmien v elastických vlastnostiach pľúcneho parenchýmu a zvýšeného povrchového napätia v alveolách (Baldi et al., 2012; Kolek et al., 2010). Stav zníženej pľúcnej poddajnosti vyžaduje, aby respiračné svaly pri dýchaní vykonávali viac práce, čo z dlhodobého hľadiska nevyhnutne vedie k ich preťažovaniu a únave (Jensen et al., 2018; Panagiotou et al., 2016a). Na rozdiel od CHOCHP, pri IPP nie je výrazne zmenená poloha bránice do vyššej polohy a je teda zachovaná jej schopnosť aktivácie. Avšak v pokročilejších štádiách ochorenia dôjde kvôli zníženiu objemu pľúc k zmene nastavenia pozície bránice a neskôr k stavu neuromuskulárnej disociácie - neschopnosti svalov reagovať na zvýšené nároky dýchacieho centra (Faisal et al., 2016; O'Donnell et al., 2009; Walterspacher et al., 2013). U pacientov sa tak na podklade viacerých patologických faktorov objavuje progredujúca dýchavičnosť, únava, kašeľ a neskorších fázach, kvôli poruche výmeny plynov s nastupujúcou hypoxémiou aj cyanóza ("Idiopathic Pulmonary Fibrosis: Diagnosis and Treatment," 2000; Kolek et al., 2010).

Liečebný postup a prognóza závisia na miere zastúpenia reverzibilnej (zápalové procesy) a ireverzibilnej (fibróza a remodelácia pľúcneho tkaniva) zložky difúzneho procesu (Kolek et al., 2010). Veľmi významnú úlohu v predpovedi očakávanej odpovede na liečbu má histologický obraz, pričom zároveň slúži ako jedno z kritérií pre klasifikáciu IPP (Kolek et al., 2010). Liečba u väčšiny ochorení skupiny IPP bežne spočíva v podávaní kortikosteroidov, imunosupresív, anti-fibrotickej medikácie a domácej oxygenoterapii (Hoffman, 2021; Kolek, 2019; Kolek et al., 2010).

V rámci nefarmakologickej terapie je podľa American Thoracic Society a European Respiratory Society od roku 2006 pacientom indikovaná komplexná pľúcna rehabilitácia, s cieľom zlepšenia funkčnej výkonnosti, zmiernenia dýchavičnosti a tak aj zlepšenia kvality života (Nici et al., 2006a; Swigris et al., 2008). V neposlednom rade je terapia zameraná na zvládanie a liečbu nie len symptómov, ale tiež komorbidít spojených s primárnym ochorením. V prípade rozsiahleho poškodenia pľúcneho parenchýmu a vyčerpaní všetkých možností liečby môže byť pacientovi indikovaná transplantácia pľúc (Hoffman, 2021).

## **2.7 Sila dýchacích svalov**

Sila dýchacích svalov je hlavným indikátorom ich funkčného stavu. Do určitej miery je závislá na veku, pohlaví a telesnej konštitúcii, avšak v pokročilejšom veku sa závislosť na týchto faktoroch znižuje (Geltser et al., 2019; Ponomareva, 2010). Sila dýchacích svalov, hlavne inspiračných, významne ovplyvňuje veľkosť pľúcnych objemov a kapacít (Chlumský, 2014; Laveneziana et al., 2019). Táto sila rozhoduje o tom, aký veľký elastický retrakčný tlak pľúc a hrudnej steny sú svaly schopné prekonať (Chlumský, 2014). Respiračné svaly majú za normálnych okolností veľké funkčné rezervy, avšak pri chronickom preťažení sa prejaví dysfunkcia buď vo forme zvýšenej unaviteľnosti, alebo oslabenia (Geltser et al., 2019).

### **2.7.1 Oslabenie a únava dýchacích svalov**

V úvode je dôležité definovať rozdiel pojmov „únava“ a „slabosť“ dýchacích svalov. Napriek tomu, že sa často vyskytujú spoločne, je dôležité ich odlíšiť dôkladným vyšetrením a posúdením celkového stavu dýchacích svalov a následne vhodne zacielená terapia (Neumannová et al., 2018).

Únava dýchacích svalov je neschopnosť udržať požadovanú silu kontrakcie (Neumannová et al., 2018). Je typická pre akútne exacerbácie chronických respiračných ochorení a u zdravých jedincov jej bráni veľká funkčná rezerva (Novák & Paleček, 1999). Najčastejšie je spôsobená neoptimálnym zapájaním, či preťažením svalov. Únava dýchacích svalov je po odpočinku pomerne rýchlo reverzibilná (Neumannová et al., 2018). Pre bežný život je dôležitá aj schopnosť vytrvalostnej práce svalov, teda schopnosť prekonať únavu (Chlumský, 2014). Vytrvalosť, respektíve unaviteľnosť svalu závisí na štruktúre sv. vlákien, pracovnej záťaži kladenej na sval a na dodávke kyslíku. V praxi sa pri meraní schopnosti vytrvalej práce používa napríklad záťaž simulovaná dýchaním cez externe aplikovaný odpor, pričom sledujeme, ako dlho je jedinec schopný zachovať stálu minútovú ventiláciu a prípadné zmeny dychového vzoru. Po skončení záťaže dôjde k zotaveniu schopnosti kontrakcie testovaného svalu vyčerpaného prácou, čo ale neplatí v prípade svalovej slabosti (Chlumský, 2014).

Situácia, v ktorej má aj odpočínutý sval zníženú schopnosť vytvárať silu je tak označovaná ako svalová slabosť. Svalová slabosť môže vznikáť na podklade viacerých faktorov, či ich kombináciou (Neumannová et al., 2018). Patria sem ochorenia respiračného systému rôznej etiológie, štrukturálna prestavba dýchacích svalov či medikácia, napríklad systémové užívanie kortikosteroidov (Gosselink et al., 2000; Maltais et al., 2014; Panagiotou et al., 2016b). Špecifickým faktorom pridruženým pri obštrukčných ochoreniach akými sú CHOCHP či AB je skrátenie dýchacích svalov v pokoji (Novák & Paleček, 1999). Znížená svalová sila, či dysfunkcia



dýchacích svalov sa ukázala byť jednou z hlavných príčin obmedzovania pohybovej aktivity a následne zhoršovania celkového zdravotného stavu pacientov s chronickým respiračným ochorením (Smolíková & Máček, 2013). Okrem toho sú pacienti pri oslabení inspiračných svalov priamo ohrození hypoventiláciou so všetkými jej klinickými dôsledkami ako sú dýchavičnosť či celková únava. (Neumannová et al., 2018). Pri oslabení expiračných svalov u pacientov s chronickým respiračným ochorením dochádza k retenciám bronchiálneho sekrétu a na to nadväzujúcim problémom s expektoráciou (Troosters et al., 2005). Pri väčšej záťaži sa môže slabosť opäť prejavíť dýchavičnosťou a zvýšenou únavou (Neumannová et al., 2018).

### **2.7.2 Vyšetrenie pľúcnych funkcií**

Včasná diagnostika chronických ochorení dolných dýchacích ciest znižuje výskyt komplikácií a zvyšuje šance na dlhší život (Kolek et al., 2010). Existuje veľké množstvo vyšetrovacích a monitorovacích metód, ktoré napomáhajú včasnému odhaleniu často sa vyskytujúcich respiračných ochorení. Okrem odhalenia poruchy funkcie respiračného systému sú tieto metódy uplatňované pri hodnotení miery postihnutia či invalidity, efektu nastavenej liečby, prípadne na vyjadrenie prognózy pacienta s rozpoznaným oslabením dýchacích svalov (Chlumský, 2014; Kolek, 2019; Laveneziana et al., 2019). Vyšetrenia, často súhrnne označované ako funkčné vyšetrenia pľúc, odrážajú funkciu aj iných orgánov a systémov (Chlumský, 2014). Napriek tomu, že sú vyšetrenia respiračných funkcií pomerne nešpecifické vo vzťahu k diagnóze, poskytujú nám nepriamu informáciu o výkonnosti respiračných svalov (Laveneziana et al., 2019).

Pre dýchanie je fyziologická poloha vo vertikále, či už v stoji, alebo v sede. Dôvodov, kvôli ktorým, ak je to možné, u pacientov s respiračným ochorením vykonávame väčšinu techník a meraní pľúcnych funkcií v napriamennom vertikálnom sede, je viacero (Neumannová et al., 2018). Patria k nim okrem iného bezpečnosť znížením rizika synkopy, pohodlie pacienta, či jednoduchosť používania potrebného vybavenia (Graham et al., 2019; Katz et al., 2018). Dôraz je pri meraní v sede kladený na napriamenie, ktoré umožní rovnomerné rozvíjanie hrudníka pri inšpiriu a expíriu, na rozdiel od napríklad prehnane kyfotického držania chrbtice (Attinger et al., 1956; Neumannová et al., 2018).

U pacientov s oslabením dýchacích svalov je pri meraní pľúcnych objemov najčastejšie zaznamenanou odchýlkou pokles vitálnej kapacity (VC). Tento pokles je spôsobený znížením poddajnosti hrudnej steny (Estenne et al., 1983) a pľúc (Fitting, 1999), ako dôsledok chronického oslabenia dýchacích svalov (Laveneziana et al., 2019). Zmeny ostatných statických pľúcnych objemov nie sú natoľko konzistentné. Reziduálny objem (RV) môže zostať

nezmenený, či byť mierne zvýšený, to však až pri výraznom oslabení výdychového svalstva (Kreitzer et al., 1978). V súčasnosti klesol význam pokojovej spirometrie, pretože nie je príliš senzitívnou metódou. V prípade mierneho oslabenia dýchacích svalov majú oveľa vyššiu senzitivitu k zmenám maximálne dýchacie tlaky, ako VC (Hind, 2013). Zníženie svalovej sily inspiračných svalov možno však predpokladať, ak pri porovnaní VC meranej v sede a v ľahu na chrbte je VC v ľahu nižšia o viac ako 25 % oproti hodnote nameranej v sede (Chlumský, 2014), pričom rozdiel presahujúci 30 % sa často spája s výrazným oslabením bránice (Laroche, Carroll, et al., 1988). Kvôli pôsobeniu gravitácie na obsah brušnej dutiny pri vzpriamenej polohe tela je za fyziologický považovaný rozdiel hodnôt 5-10 % (Allen et al., 1985). VC má teda zvlášť pri miernom oslabení dýchacích svalov nízku špecifickosť a nižšiu citlivosť v diagnostike oslabenia, v porovnaní s meraním maximálnych dýchacích tlakov v rámci dynamickej spirometrie (Black & Hyatt, 1971; Hind, 2013; Laveneziana et al., 2019).

S obmedzením používania pokojovej spirometrie naopak vzrástlo využitie vyšetrení FEV<sub>1</sub> (z angl. forced expiratory volume; usilovne vydýchnutý vzduch v 1. sekunde výdychu) a FVC (z angl. forced vital capacity; maximálny objem vzduchu vydýchnutý po maximálnom nádychu). Tieto parametre pomôžu presnejšie zobrazíť stupeň konstriktívneho či restriktívneho postihnutia dýchacích ciest a vďaka jednoduchosti a dostupnosti ich merania získame veľmi rýchlo informáciu o výkonnosti a funkčnom stave dýchacích svalov, po tom čo namerané hodnoty porovnáme s normálnymi hodnotami populácie (Fregonezi et al., 2013; Oliveira et al., 2018; Wasserman et al., 2020). U zdravého jedinca je hodnota FEV<sub>1</sub> väčšinou nižšia ako hodnota FIV (z angl. forced inspiratory volume; objem vzduchu vdýchnutý pri usilovnom inspiriu) v 1 sekunde. Opačný pomer týchto hodnôt sa vyskytuje pri (extratorakálnej) obštrukcii horných dýchacích ciest, ako aj pri oslabení dýchacích svalov a môže nás nasmerovať k určaniu diagnózy (Laveneziana et al., 2019).

### **2.7.3 Meranie sily dýchacích svalov**

Pri meraní sily dýchacích svalov je vhodné voliť vyšetrenia, ktoré čo najviac korelujú so stupňom dyspnoe (Kreitzer et al., 1978). Možno využiť neinvazívne, semiinvazívne, či invazívne vyšetrenie maximálnych inspiračných a expiračných tlakov. Jedná sa o špeciálne vyšetrenie zamerané na hodnotenie maximálnej statickej sily a/alebo únavy dýchacích svalov (Avdeev, 2008; Polkey, 2019).

V praxi sa na hodnotenie funkcie dýchacích svalov používa najmä neinvazívne meranie maximálnych statických tlakov, v úrovni ústnej dutiny a nosa, aký sú inspiračné a expiračné svaly schopné vygenerovať svojou kontrakciou pri maximálnom voluntárnom inspiriu a expiriu,

ktorému predchádzal maximálny výdych, alebo nádych – *MIP* (z angl. maximal inspiratory pressure), *MEP* (z angl. maximal expiratory pressure) (Avdeev, 2008; Polkey, 2019). Maximálnu svalovú silu, respektíve tlak inspiračných svalov meriame v úrovni RV a expiračných svalov naopak v úrovni TLC, pretože k maximálnej kontrakcii dôjde z najväčšieho predpätia svalových vlákien, teda z krajných polôh ventilačnej pumpy (Chlumský, 2014; Smolíková & Máček, 2013). V niektorých laboratóriách prebieha meranie *MIP* a *MEP* v úrovni FRC, pretože je pre konkrétnu štúdiu presnejšie, avšak v takomto prípade musí byť presný pľúcny objem v texte uvedený (Rochester, 1988). U pacientov s abnormálne zvýšenými hodnotami pľúcnych objemov, ako je to napríklad u CHOCHP, môže nízka hodnota *MIP* odrážať pokojové skrátenie svalových vlákien nádychových svalov, v kombinácii so zvýšením RV, ale bez svalového oslabenia inspiračných svalov. Hlavnou výhodou tejto metódy merania je jednoduchosť prevedenia a dobrá tolerancia pacientom, keďže meranie väčšinou nevyžaduje zavedenie balónikovej sondy.

Meranie hodnôt *MIP* a *MEP* by mal vykonávať skúsený preškolený pracovník, ktorý subjekty dôrazne nabáda a povzbudzuje k maximálnemu inspiračnému (Müllerov manéver) a expiračnému (Valsalvov manéver) úsiliu. V ideálnom prípade pacient udrží inšpiračný a expiračný tlak po dobu aspoň 1,5 s. Do záznamu je tak možné uviesť maximálny tlak zachovaný počas 1 s, takzvané plató. Tlakové snímače by mali byť pripojené k obrazovke počítača, aby bola testovanému subjektu poskytnutá vizuálna spätná väzba prostredníctvom zobrazenia časovo-tlakových kriviek a kvôli výpočtu jednosekundového tlakového plató. Pacientov je potrebné inštruovať, aby nedochádzalo k úniku vzduchu v okolí náustka. Na klinické použitie sa odporúčajú zobcové náustky (flanged mouthpiece), aj keď ich používanie má za následok o niečo nižšie hodnoty nameraného tlaku, najmä *MEP*. V systéme je zabudovaný malý prieduch pre únik vzduchu v blízkosti náustku s vnútorným priemerom približne 2 mm a dĺžkou 20 - 30 mm, aby sa zabránilo uzavretiu glotis počas manévra *MIP* a aby sa obmedzilo zapojenie bukálnych svalov počas manévra *MEP*. Tomu je možné predísť tiež inštruovaním pacienta aby si na líca počas manévra tlačil prstami. Počas testovania subjekty obvykle sedia. Spoľahlivosť testu je dostatočná, ak je vykonaných aspoň 5 pokusov, a je vyššia po počiatočnom rozohriatí dýchacích svalov. Maximálne hodnoty by spravidla mali byť dosiahnuté po 5 - 6 pokusoch pre *MEP* a po 9 pokusoch pre *MIP*. Keď je testujúci pracovník s priebehom merania spokojný, zaznamenajú sa maximálne hodnoty troch inšpiračných manévrov a troch expiračných manévrov, ktoré sa navzájom líšia o menej ako 10 % (ATS/ERS, 2002; Fiz et al., 1989; Laveneziana et al., 2019; Man et al., 2003).

Výsledok vyšetrenia je závislý na maximálnom úsilí vynaloženom pacientom a je preto ťažké odlíšiť skutočné svalové oslabenie od zníženej nervovej aktivácie. Napriek tomu, že pri

usilovných manévroch často dôjde k zapojeniu pomocných dýchacích svalov, toto vyšetrenie je na vylúčenie klinicky významného oslabenia respiračných svalov dostačujúce (De Troyer et al., 1998; Gandevia & McKenzie, 1985; Laveneziana et al., 2019).

Rôzni autori uvádzajú rôzne normy pre MIP a MEP (Obrázok 5, 6). Hodnoty sa líšia na základe skúmanej skupiny pacientov a tiež spôsobu merania. U detí sa hodnoty zvyšujú s pribúdajúcim vekom a vo veku 11-12 rokov obe pohlavia dosiahnu hodnoty MIP normálne pre dospelých jedincov (Gaultier & Zinman, 1983). Dospelí muži sú schopní generovať pri maximálnom nádychu aj výdychu vyššie statické ústne tlaky ako ženy. U mužov sila respiračných svalov s vekom klesá rapídnejšie ako u žien (Black & Hyatt, 1969; Laveneziana et al., 2019; Wilson et al., 1984).

Age group, years	Men		Women	
	Studies, n/sample size, n	P <sub>lmax</sub> , cmH <sub>2</sub> O, mean (95% CI)	Studies, n/sample size, n	P <sub>lmax</sub> , cmH <sub>2</sub> O, mean (95% CI)
18–29	6/96	128.0 (116.3–139.5)	6/92	97.0 (88.6–105.4)
30–39	6/69	128.5 (118.3–138.7)	6/66	89.0 (84.5–93.5)
40–49	6/72	117.1 (104.9–129.2)	6/71	92.9 (78.4–107.4)
50–59	5/61	108.1 (98.7–117.6)	5/60	79.7 (74.9–84.9)
60–69	5/65	92.7 (84.6–100.8)	5/66	75.1 (67.3–82.9)
70–83	5/63	76.2 (66.1–86.4)	5/59	65.3 (57.8–72.7)

Obrázok 5. Referenčné hodnoty P<sub>lmax</sub> (MIP) pre rôzne vekové kategórie merané v úrovni RV (Pessoa et al., 2014)

Reference	Numbers		P <sub>E</sub> max (cmH <sub>2</sub> O)		Mouthpiece
	Male	Female	Male	Female	
Ringqvist et al. [392]	106	94	239 ± 46	164 ± 30	Tube
Black and Hyatt [382]	60	60	233 ± 42	149 ± 27	Tube
Rochester and Arora [393]	80	121	215 ± 45	138 ± 68	Tube
Bruschi et al. [383]	290	379	140 ± 30	96 ± 20	Tube
Enright et al. [384]	244	292	175 ± 46	118 ± 37	Flanged
Leech et al. [394]	325	50	154 ± 82	94 ± 33	Flanged
Wilson et al. [32]	80	480	147 ± 34	93 ± 17	Flanged
Neder et al. [386]	50	87	141 ± 22	100 ± 11	Flanged
Vincken et al. [202]	46	60	140 ± 38	89 ± 24	Flanged

Obrázok 6. Referenčné normálne rozpätie P<sub>E</sub>max (MEP) merané v úrovni TLC podľa rôznych autorov (ATS/ERS, 2002; Evans & Whitelaw, 2009)

Výsledky merania MIP a MEP zodpovedajúce spodnej štvrtine fyziologického rozpätia môžeme považovať zároveň za normálnu, aj mierne zníženú svalovú silu dýchacích svalov. Podľa vyhlásenia ATS/ERS z roku 2002 až hodnota MIP -80 cm H<sub>2</sub>O u väčšiny pacientov značí klinicky významné svalové oslabenie a odporúča sa prípadné dovýšetrenie pre potvrdenie nálezu a zváženie zahájenia terapie (ATS/ERS, 2002). Vyšetrenie maximálnych nádechových a výdechových ústnych tlakov by malo vždy predchádzať zahájeniu terapie s využitím

dychových trenažérov, kvôli individualizovanej proskripcii dychového trenažéra s vhodným nastavením odporu (Gosselink & Dal Corso, 2012; McConnell, 2013; Neumannová et al., 2018). Meranie je vhodné doplniť o ďalšie testy, napríklad vyšetrenie „vnútorných“ tlakov pomocou sondy, pre upresnenie funkčného stavu svalov (Laveneziana et al., 2019).

Na meranie „vnútorných“ tlakov, akými sú *ezofageálny* či *gastrický tlak*, je najpoužívanejšou metódou balónikový systém katétrov (Milic-Emili et al., 1964). Výhodou je dobrá dostupnosť vybavenia. Zvýšená pozornosť ale musí byť venovaná fyzikálnym vlastnostiam balónikov, konkrétne rozmerom, objemu, či materiálu, z ktorého sú zhotovené, aby sa zamedzilo vzniku chýb v meraní, neprimeranému diskomfortu, alebo poškodeniu pacienta (Laveneziana et al., 2019). U detí je pri analýze mechaniky dýchania vhodnejšou voľbou tekutinou naplnený katéter. Menšie rozmery katétra v porovnaní s balónikovou sondou znižujú diskomfort pri meraní a katéter tiež disponuje vyššou frekvenciou odozvy. Ekonomicky už menej výhodným variantom balónikových katétrov sú takzvané Millarove (mikrotrnsduktorové) katétre (Millar & Baker, 1973), u ktorých je ale nižšie riziko technických problémov, vyššia frekvencia odozvy výhodná pri rýchlych zmenách tlaku a opäť vyšší komfort pacienta (S. A. Evans et al., 1993; Gilbert et al., 1979).

Ďalšou možnosťou merania vnútorných tlakov s vysokou presnosťou merania môžu byť *optické senzory*, vyvinuté pôvodne na meranie intracerebelárneho tlaku v neurochirurgii (Jay et al., 1994; Wald et al., 1977).

Všetky priame merania ezofagiálneho tlaku hodnotia inspiračné svaly ako celok. Meranie rozdielu tlaku medzi pažerákom (zodpovedá pleurálnemu tlaku) a žalúdkom (zodpovedá abdominálnemu tlaku) pomocou balónikovej sondy hodnotí cielene schopnosť kontrakcie bránice. Tento parameter nazývame *maximálny statický transdiafragmatický tlak* (Agostoni & Rahn, 1960; Laveneziana et al., 2019). Malý priemer katétra, ktorý je potrebné prehltnúť, spôsobuje len mierny diskomfort. Zvýšená obozretnosť je na mieste pri testovaní pacientov s poruchou prehĺtania, alebo ezofagiálnym ochorením a to hlavne v úrovni sfinkteru (Laveneziana et al., 2019).

Niekedy sa objavujúca nepresnosť testov môže byť spôsobená nepochopením inštrukcií k dychovým manévrom. Vhodné je testy kombinovať, keďže hodnotenie môže byť nejednoznačné, norma je variabilná, závislá aj na fyzickej kondícii a na polohe. Nevýhodou je závislosť na vôli jedinca a zložitnosť odlišenia únavy od zníženej svalovej sily (Chlumský, 2014; De Troyer & Estenne, 1981; Kolek et al., 2010). Pre doplnenie je vhodný parameter *SNIP* (z angl. sniff nasal inspiratory pressure), pri ktorom dochádza k aktivácii bránice a ostatných nádychových svalov. SNIP koreluje s úrovňou transdiafragmatického tlaku a teda tiež hodnotí

funkčnú aktivitu bránice (Kaminska et al., 2017). Výhodou tejto techniky je jej jednoduchosť, reprodukovateľnosť a dobrá tolerovateľnosť pacientom (Avdeev, 2008).

V prípade nemožnosti zmerania sily výdychových svalov metódou maximálneho statického tlaku v úrovni ústnej dutiny je alternatívou *test kašľa*. Vytvorenie dostatočného tlaku pri kašli za pomoci výdychových svalov má dôležitú úlohu hlavne v prevencii pľúcnych infekcii kvôli zhoršenej samočistiacej funkcii pľúc (Laveneziana et al., 2019; Neumannová et al., 2017).

*EMG abdominálneho svalstva* pri kašli sa ukázalo byť nepraktickou metódou merania sily, kvôli zložitosti štandardizácie (Cox et al., 1983). Vhodnejšie je meranie gastrického tlaku zavedenou sondou. Výsledky získané z žalúdočkovej sondy pri kašli sú porovnateľné s výsledkami MEP (Black & Hyatt, 1969). U pacientov s CHOCHP sú výsledky z merania sondou nižšie (Loudon & Shaw, 1967). Dôvodom môže byť vplyv zmenených pľúcnych objemov, kvôli dôležitosti hlbokého nádychu v prvej fáze kašľa (Leuenberger, 1988; Rahn et al., 1946). Fyziologické hodnoty žalúdočného tlaku pri kašli sú pre vekovú kategóriu 20-75 rokov u mužov 160-230 cm H<sub>2</sub>O a u žien 120-166 cm H<sub>2</sub>O (Kyroussis et al., 1996).

Pri snahe o dýchanie pri obštrukcii dýchacích ciest sa na pomerne presný odhad alveolárneho tlaku a jeho zmien dá využiť hodnota *tlaku potrebného na spriechodnenie dýchacích ciest*. Tento tlak je merateľný pomocou bočného otvoru v náustku katétra zavedeného v nosnej či ústnej dutine a priedušnici (Black & Hyatt, 1969; Héritier et al., 1994). Typ náustku môže významne ovplyvniť výsledok merania (Koulouris et al., 1988). Toto meranie neumožňuje odlíšiť oslabenie konkrétneho svalu, či skupiny, preto je pre špecifikáciu potrebné dovýšetrenie (Laveneziana et al., 2019).

Spirometrické vyšetrenie býva v prípade potreby doplnené o orientačné vyšetrenie respiračných funkcií, napríklad saturácie hemoglobínu kyslíkom neinvazívnou *pulznou oxymetriou* (Chlumský et al., 2016; Gosselink et al., 2008). Analýza krvných plynov z arteriálnej krvi je zlatým štandardom hodnotenia respiračnej insuficiencie, respektíve dopadu oslabenia dýchacích svalov na organizmus. Takto zistená chronická hypoventilácia je až neskorším znakom dysfunkcie respiračných svalov a je indikáciou ventilačnej podpory (Chlumský, 2014; Chlumský et al., 2016; Laveneziana et al., 2019). Pri odhalení odchýlky nameraných hodnôt od normy je preto na mieste aj meranie sily a unaviteľnosti dýchacích svalov (Gosselink & Dal Corso, 2012; Laveneziana et al., 2019).

Funkcie dýchacích svalov možno objektívne zhodnotiť aj pomocou *elektromyografie*, či využiť niektorú zo zobrazovacích techník ako je *ultrazvukové, RTG, MR* alebo *CT vyšetrenie* (Laveneziana et al., 2019).

## 2.8 Dychové trenažéry

Pacienti s chronickým respiračným ochorením často využívajú dychové trenažéry a to nielen na zdokonalenie techniky dýchania v rámci RFT, ale tiež na efektívnejšie zapojenie respiračných svalov, či ich posilňovanie (Enright, 2008; McConnell, 2013; Neumannová et al., 2018).

Dychové trenažéry rozdeľujeme podľa zacielenia odporu na nádychové a výdychové. Podľa tohto základného rozdelenia majú nasledujúce účinky.

Účinky inspiračných trenažérov (Frownfelter & Massery, 2012; Pryor & Prasad, 2008; Smolíková & Máček, 2013):

- zlepšenie techniky inšpiria (využitie napr. v rámci inhalačnej liečby)
- zvýšenie ventilácie
- zníženie chronického hypertonu nádychových svalov
- ekonomizácia práce a prevencia chronickej únavy inspiračných svalov
- sekundárna korekcia konfigurácie hrudníka atď.

Účinky expiračných trenažérov:

- podpora expektorácie
- obnova ventilácie periférnych DC
- stabilizácia DC - prevencia bronchokolapsu
- zlepšenie dychovej flexibility stien bronchov atď.

Podľa riadiacej jednotky môžeme trenažéry rozdeliť na mechanické a elektronické. Ďalšie rozdelenie je na trenažéry odporové a vytrvalostné, pričom medzi odporové trenažéry spadajú podkategórie: s prahovým tlakovým ventilom, s pasívnym odporom prietoku, s dynamicky prispôsobeným odporom prietoku (Menzes et al., 2018).

### 2.8.1 Prahový tlakový ventil (*Pressure threshold valve*)

Táto skupina trenažérov disponuje na prietoku takmer nezávislým odporom. Je to možné vďaka ventilu utiahnutého pružinou, ktorý bráni prietoku vzduchu až kým nie je prekonaná hodnota prahového tlaku (McConnell, 2013; McConnell & Romer, 2004).

- *Threshold IMT*<sup>®</sup> (Obrázok 7) je pri RMT pacientov s CHOCHP používaný najčastejšie. Medzi jeho výhody patrí jednoduchosť používania, citlivé nastavenie odporu

v intervaloch po 2 cmH<sub>2</sub>O, rozmedzie nastaviteľného odporu v nízkej intenzite (9-41 cmH<sub>2</sub>O), používanie nezávislé na polohe a v neposlednom rade cenová dostupnosť (Nield, 1999; Vázquez-Gandullo et al., 2022). Pri otočení zariadenia je možné ho využiť aj na tréning výdychových svalov (Matsuo et al., 2014).



Obrázok 7. "Threshold IMT" (n.d.)

- Vyššie rozpätie nastaviteľného odporu ako Threshold IMT® má *POWERbreathe Medic IMT* (10 cmH<sub>2</sub>O to 90 cmH<sub>2</sub>O). Práve rada *POWERbreathe Medic* (Obrázok 8) a *Medic Plus* majú spomedzi trenažérov typu *POWERbreathe* najnižší nastaviteľný odpor (pri vyňatí pružiny len 2 cmH<sub>2</sub>O) a možnosť veľmi citlivo ho dávkovať. Je tak ideálnou pomôckou pre pacientov s výrazným oslabením dýchacích svalov (McConnell & Gosselink, 2013; McConnell & Romer, 2004; *POWERbreathe Medic IMT*, 2024).





Obrázok 8. „POWERbreathe Medic“ (n.d.)

### **2.8.2 Pasívny odpor prietoku (*Passive flow resistance*)**

Odpor je v tomto prípade generovaný pasívne, vzduchom prúdiacim cez otvor, ktorého veľkosť nastavíme pred samotným tréningom. Úroveň odporu priamo závisí na prietoku vzduchu, čo často komplikuje dávkovanie odporu počas tréningu. Tento fakt je považovaný za najväčšiu limitáciu používania trenažérov tohto typu (McConnell, 2013).

- *The Breather* (Obrázok 9) je prvým dôkazmi podloženým trenažérom, určeným k posilňovaniu nádychových aj výdychových svalov. Bol vytvorený v roku 1980 pre pacientov s oslabením dýchacích svalov u CHOCHP, ale aj s napríklad neurolomuskulárnym ochorením. Odpor je ľahko nastaviteľný, v rozpätí od -50 do +55 cmH<sub>2</sub>O (Arnold & Bausek, 2020; Breather, 2020).



Obrázok 9. „The Breather“ (n.d.)

- *AiroFit IMT*<sup>®</sup> (Obrázok 10) je naopak pomerne novým trénažerom na trhu. Jeho výhodou je možnosť pripojenia k telefónu prostredníctvom aplikácie. V aplikácii si pacient môže zvoliť tréningový program, alebo si zobrazíť výsledky svojho tréningu. Zatiaľ bol tento prístroj používaný primárne u športovcov, ale momentálne prebiehajú štúdie skúmajúce možnosť jeho využitia u pacientov s CHOCHP (Stavrou et al., 2021; Vázquez-Gandullo et al., 2022).



Obrázok 10. „AiroFit Active Basic“ (n.d.)

### 2.8.3 Dynamicky prispôsobený odpor prietoku (*Dynamically adjusted flow resistance*)

Mechanizmus fungovania týchto zariadení je podobný, ako u trenažérov s pasívnym odporu prietoku, ale na rozdiel od predchádzajúcej skupiny umožňuje plynulé a dynamické prispôsobenie prietokového odporu (McConnell, 2013).

- *POWERbreathe® K-Series* je skupina inspiračných trenažérov, ktoré sú na trhu od roku 2010. Odpor vytvára a reguluje elektronicky riadený ventil. Táto séria je vybavená LCD displejom a umožňuje počas tréningu spätnú väzbu v reálnom čase (McConnell, 2013; Menzes et al., 2018; POWERbreathe K-Series IMT, 2024). Pri tomto type trenažéru sa odpor ku koncu nádychu automaticky znižuje, aby pacient dokončil celý dychový cyklus aj napriek znižujúcej sa sile dýchacích svalov. Zariadenie *POWERBreathe K1* (Obrázok 11) poskytuje možnosť nastavenia odporu od 10 do 240 cmH<sub>2</sub>O, teda rozpätie vhodné pre pacientov so zníženou svalovou silou dýchacích svalov. Značnou nevýhodou je vysoká nákupná cena trenažéru (Langer et al., 2013, 2015; Menzes et al., 2018).



Obrázok 11. „POWERbreathe® K1“ (n.d.)

Medzi výhody trenažérov určených na tréning respiračných svalov patria najmä ich malé rozmery, design a v niektorých prípadoch grafické zobrazovanie výsledkov, ktoré umožňuje jednoducho monitorovať progres a motivuje pacienta k cvičeniu. Práve design trenažérov z nich robí skvelú pomôcku na cvičenie formou hry, aplikovateľnú aj v terapii aj detských pacientov. Na mieste je tu inštrukcia a edukácia rodinného príslušníka k správne použitiu

trenažérov v domácom prostredí (Smolíková & Máček, 2013). Vďaka vyššie zmieneným vlastnostiam trenažérov sa ich používaním zvyšuje samostatnosť pacienta a zároveň pôsobíme preventívne proti pľúcny komplikáciám (Pryor & Prasad, 2009).

## 2.9 Respiračná fyzioterapia

Respiračná fyzioterapia (RFT) je jednou z častí veľkého celku – pľúcnej rehabilitácie, ktorá, ako už bolo zmienené pri jednotlivých ochoreniach, je odporúčaná v rámci komplexnej terapie ako u ambulantných, tak u hospitalizovaných pacientov liečených s chronickým respiračným ochorením (Bolton et al., 2013; Nici et al., 2006b; Spruit et al., 2013a). Jedným z hlavných cieľov RFT je odstránenie, či zmiernenie príznakov chronických respiračných ochorení, ktoré sú pre pacienta nie len obťažujúce, ale tiež zhoršujú klinický priebeh ochorenia (Chevaillier, 2002; Pryor & Prasad, 2009).

K respiračnej fyzioterapii sú indikovaní aj pacienti s chronickým respiračným ochorením. U týchto pacientov prebieha dýchanie v individuálne patologických podmienkach dýchacieho systému. Preto je nevyhnutné jej individuálne zacielenie na konkrétny problém, metódami zameranými napríklad na zníženie bronchiálnej obštrukcie, zlepšenie priechodnosti dýchacích ciest, zlepšenie ventilačných parametrov, alebo aspoň prevenciu zhoršovania funkcie pľúc, či zvýšenie fyzickej zdatnosti a adaptácie na telesnú záťaž. Cielene možno ovplyvniť aj efektivitu perfúzie alveolov a znížiť hyperinfláciu zmenou dychového stereotypu, či sa u pacientov so zníženou svalovou silou dýchacích svalov zamerať na ich posilnenie. Ovplyvnením týchto faktorov sa snažíme o dosiahnutie a udržanie osobnej pohody (well-being) a pocitu zdravia pacienta a zvýšenie efektivity dýchania s cieľom zmierniť dyspnoe (Bolton et al., 2013; Miki et al., 2018; Spruit et al., 2013a).

Medzi metódy RFT patria okrem iného odpočinkové polohy, bráničné dýchanie, kontrola kašľa (prevaha tzv. pozitívneho kašľa), huffing, ústna brzda, atď. (Gosselink, 2003; Smolíková & Máček, 2013; Spruit et al., 2013a), ktoré majú nie len preventívny účinok, ale možno ich využiť aj pri akútnom záchvate kašľa či dýchavičnosti (Budiman & Garnewi, 2021).

V priebehu programu RFT pravidelne hodnotíme a sledujeme niekoľko ukazovateľov, vďaka ktorým možno objektívne hodnotiť priebeh a výsledky terapie. Patria medzi ne

- spirometrické parametre (hodnoty funkcie pľúc)
- saturácia krvi kyslíkom (aktuálne aj dlhodobá)
- dychové a pohybové funkcie v rámci kineziologického rozboru
- charakter a množstvo sputa pri expektorácii

- pocity voľného dýchania
- tolerancia fyzickej záťaže
- manuálna, vizuálna a akustická kontrola dýchania.

Výsledky zaznamenávame do dokumentácie (Kolek, 2019). Medzi 3 hlavné zložky RFT patria – reedukácia dychového vzoru, uľahčenie expektorácie, tréning dýchacích svalov (Bauldoff & Carlin, 2019; Hodgkin et al., 2009; Neumannová et al., 2018).

### **2.9.1 Reedukácia dychového vzoru**

Chronické respiračné ochorenia obštrukčného typu sú špecifické plytkým dýchaním s prevahou horného hrudného typu dýchania. Pravidelným opakovaním možno doceliť optimalizáciu dychového vzoru a tým zlepšenie ekonomiky dýchania. Aj z tohto dôvodu je podľa mnohých autorov už samotný predĺžený usilovný výdych považovaný za jeden z cieľov terapie (Miki et al., 2018, 2020). Terapeut na reedukáciu dychového stereotypu môže zvoliť využitie aktívnych (dychová gymnastika, bráničné dýchanie, dýchanie cez našpúlené pery, technika ústnej brzdy, svalovo aktívny výdych), alebo pasívnych neurofyziológických facilitačných techník (kontaktné dýchanie, reflexná stimulácia dýchania), či ich kombináciu (Pryor & Prasad, 2008; Smolíková & Máček, 2013; Vojta & Peters, 1995). Je však nutné si pripomínať, že každé dýchanie je originál a ku každému dychovému stereotypu pristupujeme individuálne (McIlwaine et al., 2017).

### **2.9.2 Uľahčenie expektorácie a drenážne techniky**

Pre pacientov s retenciou sputa v dýchacích cestách sú základnou metódou fyzioterapie drenážne techniky RFT s kontrolou kašľa (Chevaillier, 2002; Kerem et al., 2005). Tieto techniky, podľa Jeana Chevailliera, ktorý ako prvý popísal techniku autogénnej drenáže, slúžia na odlepenie, zozbieranie a evakuáciu hlienov do HDC (Smolíková & Máček, 2013). Na mobilizáciu a následnú evakuáciu sputa sa v minulosti využívali poklepové a polohové drenáže (Postural Drainage&Percussion). Na základe nových poznatkov sú od osemdesiatych rokov minulého storočia uprednostňované aktívne techniky RFT, vzhľadom na ich vyššiu efektivitu, pohodlnosť a v neposlednom rade podporu nezávislosti a samostatnosti pacienta (McIlwaine et al., 1997; Pryor et al., 2006).

Zmena nastala nie len v technike RFT, ale hlavne v prístupe a spôsobe myslenia samotných pacientov (Kerem et al., 2005). V cudzojazyčnej literatúre sú tieto techniky

uvádzané pod spoločným názvom „Airway Clearance Techniques“ (ACT) (Smolíková & Máček, 2013).

Situáciu značne komplikuje fakt, že bronchiálna sekrécia pacientov nie je oproti zdravým jedincom len väčšieho objemu, ale líši sa tiež viskozitou a reologickými vlastnosťami sputa. V prípade úspešnej expektorácie hodnotíme aj charakter evakuovaného hlienu (App et al., 1998). V rámci drenážnych techník (napr. AD) plní ruka terapeuta funkciu nie len terapeutickú, ale tiež diagnostickú a kontrolnú (Smolíková & Máček, 2013).

Keďže normálny kašeľ prebieha ako prehĺbené inšpírium, nasledované uzavretím glotis a dostatočnou aktivitou expiračných svalov (Žurková & Shudeiwa, 2012), indikácia jednotlivých techník na uľahčenie expektorácie sa odvíja od toho, ktorá fáza kašľa je porušená a od toho, či dochádza k stagnácii sekrétu v dolných dýchacích cestách (Kolek, 2019; Neumannová et al., 2014). Pri porušenej nádychovej fáze by mal okrem cvičenia na zvýšenie rozvíjanie hrudníka, terapeut voliť techniky cielené na aktiváciu nádychových svalov a zvyšovanie ich sily. Tu sa ponúka využitie nádychových trenažérov (napr. PowerBreathe, threshold IMT). Trenažéry možno využiť aj na tréning dostatočného objemu nádychu (napr. triflo, cliniFlo, coach 2) (Frownfelter & Massery, 2012; Neumannová et al., 2018; Pryor & Prasad, 2008; Smolíková & Máček, 2013). Ak dochádza k stagnácií bronchiálneho sekrétu a je neefektívna výdychová fáza kašľa, na mieste je využitie drenážnych techník, v kombinácii s výdychovými trenažermi. Na trhu je široká ponuka rôznych trenažérov a preto je dôležitá jeho vhodná voľba podľa cieľa, ktorý chceme dosiahnuť. Na mobilizáciu a centralizáciu sputa je vhodné využitie výdychových trenažérov s vibráciou, zatiaľ čo na stabilizáciu dýchacích ciest a prevenciu bronchokolapsu sú dostačujúce aj výdychové trenažéry bez vibrácií. Na efektívnu expektoráciu je nevyhnutná aj dostatočná sila výdychových svalov. Podľa potreby preto zaraďujeme tréning výdychových svalov (Frownfelter & Massery, 2012; Neumannová et al., 2018; Pryor & Prasad, 2008).

Konkrétne pri cystickej fibróze patrí medzi najviac obťažuje symptómy chronický produktívny, či naopak suchý štekavý kašeľ s opakovanými infekciami DC, dýchavičnosť, piskoty a chronická nádcha (Rowe et al., 2005). Špeciálne pre pacientov s CF bola tak vyvinutá technika „high-pressure PEP“, s prihliadnutím na namáhavú expektoráciu hustého hlienu pri tomto ochorení (Pfleger et al., 1992). V praxi sú najčastejšie využívané oscilujúce a neoscilujúce PEP trenažéry. Neoscilujúce trenažéry so zvýšeným odporom v expíriu umožnia vzduchu dostať sa kolaterálnymi dýchacími cestami (small conducting airways) za mukus. Uľahčuje tak mobilizáciu sputa z periférnych dýchacích ciest. Na ďalší posun hlienu z periférie je vhodné využiť vibrácie oscilujúcich PEP trenažérov (Flutter®, Acapella®, Aerobika®, and RC-Cornet®) nasledované huffingom a expektoráciou (McIlwaine et al., 2019; Morrison & Milroy, 2020). Je nutné mať na pamäti náchylnosť pacientov s CF na chronické bakteriálne infekcie. Preto volíme

do terapie trenažéry (napríklad Acapella Choice) z materiálov, ktoré umožňujú hygienické ošetrovanie sterilizáciou (Smolíková & Máček, 2013). Štúdia z roku 2019 poukazuje na výrazné zníženie počtu pľúcnych exacerbácií pri používaní PEP trenažérov. Autori zároveň odporúčajú používanie masky, kvôli zamedzeniu únikov vzduchu hornými dýchacími cestami a dočasnému zvýšeniu FRC v porovnaní s použitím náustku (McIlwaine et al.).

### **2.9.3 Tréning respiračných svalov**

Pri chronických respiračných ochoreniach je veľkou záťažou pre pacienta kombinácia primárneho postihnutia respiračného systému a s tým súvisiaca dysfunkcia jeho svalovej časti (Opdekamp & Sergysels, 2003). Postihnutie svalového aparátu vo forme oslabenia dýchacích svalov sa u chronických respiračných ochorení vyskytuje pôsobením kombinácie viacerých faktorov, napríklad miery celkovej fyzickej inaktivity, systémového zápalu, fajčenia, kortikoterapie, či starnutia (Máček & Radvanský, 2011). Zvýšená pozornosť bola oslabeniu respiračných svalov venovaná už v sedemdesiatych rokoch (1976), kedy Leith a Bradley poukázali na pozitívny efekt tréningu nádychových svalov (IMT).

Tréningom špecificky dýchacích svalov (respiratory muscle training, RMT), najčastejšie s použitím dychových trenažérov, je možné dosiahnuť výrazné zlepšenie stavu, adaptáciou ich štruktúry a funkcie na tréningové stimuly (Göhl et al., 2016; McConnell, 2013; Polla, 2004). Tréning dýchacích svalov je indikovaný lekárom a na priebeh tréningu by mal aspoň spočiatku vždy priamo dohliadať fyzioterapeut (Neumannová et al., 2018; Smolíková & Máček, 2013).

Pred zahájením tréningu je potrebné objektivizovať a potvrdiť existenciu svalového oslabenia, bežne pomocou merania maximálnych statických ústnych tlakov - MIP, MEP, kvôli zacieleniu tréningu (Vázquez-Gandullo et al., 2022).

Intervencia pred zahájením RMT začína edukáciou. V rámci edukácie pacienta, alebo jeho rodinného príslušníka pre domáce cvičenie, je dôležité stanovenie spoločného cieľa a definovanie krokov k jeho dosiahnutiu. Pred zahájením samotného tréningu je nevyhnutné podať presné inštrukcie a uistiť sa, že pacient, prípadne osoba, ktorá naňho bude dohliadať, poučeniu porozumeli. Inštruktáž by, podobne ako pri akomkoľvek inom tréningu priechne pruhovaných svalov, mala spĺňať určité náležitosti, ako je určenie intenzity (nádychu a výdychu), cvičebná poloha, trvanie cvičenia a vhodné zaradenie prestávok, správne nastavenie a používanie pomôcok, či nutnosť ich dezinfekcie (Bauldoff, 2011; Göhl et al., 2016; Leith & Bradley, 1976; Neumannová et al., 2014, 2018)

Samotnému tréningu štandardne predchádza reedukácia dychového vzoru bez použitia trenažéru. Reedukácia zahŕňa okrem iného napríklad nácvik bráničného dýchania, pretože

môže byť prospešné pre lepšie vnímanie aktivácie bránice, jej zapojenie v rámci dychového cyklu a tréningu (McConnell, 2011). Väčšina zahraničných autorov korekciu dychového stereotypu a jej vplyv na efektivitu tréningu vo svojej práci neuvádza, alebo priamo uvádzajú, že v určitých prípadoch nie je potrebná (McConnell & Gosselink, 2013). Naopak sa ale mnohé štúdie zaoberajú vplyvom respiračného tréningu na zmenu dychového vzoru (Charususin et al., 2016; Wanke et al., 1994). Predtým namerané hodnoty maximálnych statických tlakov MIP a MEP použijeme pri nastavení odporu dychového trenažéra na vhodnú tréningovú záťaž, ktorá zodpovedá stavu pacienta a jeho cvičebnej kapacite. Rôzni autori a protokoly odporúčajú rôzne nastavenie. Pacient by ale mal byť schopný dýchať v čo najvyšších pľúcnych objemoch a výdych by mal byť vždy dlhší ako nádych (McConnell, 2013; Mortari & Manzano, 2022; Neumannová et al., 2014; Smolíková et al., 2005). V prípade, že pacient netoleruje nastavený odpor, tlak na pomôcke sa zníži na hodnotu, pri ktorej pacient vníma prekonávanie odporu, ale bez nepríjemných pocitov či patológie dychového vzoru (Kolek et al., 2010; McConnell, 2013; Neumannová et al., 2018). Je vhodné aby každých 7-14 dní prebehla kontrolná intervencia s terapeutom spojená s kontrolným meraním a prípadným navýšením odporu (Enright, 2008; McConnell, 2013; Neumannová et al., 2018; Smolíková & Máček, 2013). Podľa výsledku merania je potrebné upraviť hodnotu odporu dychového trenažéra tak, aby stále dochádzalo k progresívnemu preťažovaniu svalov, ktoré podporuje žiadúcu adaptáciu a pacient zároveň záťaž dobre toleroval (McConnell, 2013). Podľa požadovaného cieľa terapie rozdeľujeme tréning dýchacích svalov na:

- Silový tréning - vyššia intenzita, kratšie trvanie, 30-80 % MIP, MEP
- Vyrvalostný tréning - nižšia intenzita, dlhšie trvanie, 15-30 % MIP, MEP (Neumannová et al., 2014).

### 2.9.3.1 Tréning inspiračných svalov

Jednými z mnohých autorov skúmajúcich efekt tréningu dýchacích svalov boli Chen et al. (1985) a Aldrich et al. (1982), ktorí poukázali na oslabenie nádychových svalov u pacientov s CHOCHP a možné benefity (nie len v rámci respiračného systému) plynúce z cieleného posilňovania týchto svalov (Vázquez-Gandullo et al., 2022). Neskoršie štúdie ich hypotézu potvrdili (Gosselink et al., 2011; Petrovic et al., 2012). V roku 2006 American Thoracic Society (ATS) a European Respiratory Society (ERS) vydali odporúčanie týkajúce sa zaradenia IMT, ako doplnenia pľúcnej rehabilitácie pacientov s chronickým respiračným ochorením, ak je u nich prítomná dyspnoe a znížená sila dýchacích svalov (Nici et al., 2006). Posilňovanie nádychových svalov je vo všeobecnosti indikované u pacientov s ich výrazným oslabením, teda s poklesom



hodnoty MIP pod 80 % predikovanej normy (Gosselink & Dal Corso, 2012; McConnell, 2013; Neumannová et al., 2018). U týchto pacientov možno pozorovať aj najlepší efekt tréningu (Gosselink et al., 2011). Zvýšením MIP dôjde k zníženiu pomeru PI/MIP a teda k zmierneniu pocitu dychovej nedostatočnosti (O'Donnell et al., 1997). Prostredníctvom IMT (výsledky sa vzťahujú na RMT u CHOCHP) je teda možné zvýšiť funkčnú kapacitu a zmierniť dýchavičnosť pacienta (Mortari & Manzano, 2022).

Dnes už existuje veľké množstvo rôznych odporúčaných postupov a protokolov k tréningu inspiračných svalov (Hoffman, 2021; Lista-Paz et al., 2023; Mortari & Manzano, 2022b). V súčasnosti bežne využívané protokoly silového tréningu respiračných svalov najčastejšie udávajú, že tréning by mal prebiehať dvakrát denne, ideálne s rozstupom aspoň 6 hodín, päť až sedemkrát do týždňa (McConnell, 2013; Mortari & Manzano, 2022b). Pacient by mal do trenažéra dýchať 15-30 minút (Chuang et al., 2017; Cutrim et al., 2019; Heydari et al., 2015), alebo zvládnuť 30 dychových cyklov (Mehani, 2017; Nikoletou et al., 2016), v závislosti od protokolu. Rozpätie nastavenia odporu pre silový tréning je pomerne široké a často je používaná hodnota 50 % MIP (Duruturk et al., 2018), avšak niektoré štúdie skúmajúce efektívnosť IMT s rôznym nastavením odporu trenažéru kladenému nádychu poukazujú na nepatrne lepšie výsledky dosiahnuté pri vyšších hodnotách nastaveného odporu, väčšinou až medzi 60 a 80 % MIP (Figueiredo et al., 2020).

Dĺžka programu sa taktiež líši podľa protokolu, ale najčastejšie sa opakuje rozptyl 6-12 týždňov. Nie je preukázaný rozdiel vo výstupoch v závislosti na dĺžke programu, zatiaľ čo mierna závislosť sa zdá byť na dĺžke intervencie. Kratšie intervencie majú pozitívny vplyv na svalovú silu nádechových svalov, zatiaľ čo na zvýšenie funkčnej kapacity je potrebná intervencia dlhšia (Figueiredo et al., 2020; Mortari & Manzano, 2022). Pri vytrvalostnom tréningu je preto snaha o postupné predlžovanie cvičebnej jednotky až na 30 minút, opäť s možnosťou zaradenia pauzy (McConnell, 2013; Neumannová et al., 2018).

Špecifický je protokol z roku 2015, ktorý porovnáva použitie klasických mechanických prahových tlakových zariadení (threshold loading devices) s použitím trenažéru s prietokovou elektronicky ovládanou klapkou s dynamickým prispôbením (tapered flow resistive loading device, TFRL). V tejto štúdii boli použité trenažéry Threshold<sup>®</sup>, POWERbreathe<sup>®</sup> Medic, POWERbreathe<sup>®</sup> KH1. Tréning bol v tomto prípade oveľa kratší, prebiehal dvakrát denne po približne 5 minút, počas ktorých pacient vykoná 30 dychových cyklov v najvyššej zvládnuteľnej intenzite. Pacienti s použitím TFRL trenažéru dosiahli výrazné zvýšenie MIP z 45 % na 81 % náležitých hodnôt a protokol sa tak ukázal byť veľmi efektívny (Langer et al., 2015). Podobný protokol Langer použil opäť o 3 roky neskôr, znovu s dobrým výsledkom (Langer et al., 2018a). Takýto intenzívny tréningový program ale nie je vhodný pre každého pacienta. Vždy musíme

prihliadať na jeho aktuálny stav, štádium ochorenia a cieľ cvičenia. V prípade potreby je možné tréningovú jednotku rozdeliť do niekoľkých sérii, medzi ktoré je vložená pauza na odpočinok (McConnell, 2013; Mehani, 2017; Neumannová et al., 2018).

S prihliadnutím na zmenenú mechaniku dýchania pri obštrukčných pľúcnych ochoreniach sa javí byť posilňovanie inspiračných svalov klinicky významnejšie a efektívnejšie, ako zvyšovanie sily expiračných svalov (Crisafulli et al., 2007; Göhl et al., 2016). Na zmiernenie klinických príznakov ochorenia u pacientov s CHOCHP sa tiež zdá byť silový tréning inspiračných svalov účinnejší, ako vytrvalostný tréning (Gosselink et al., 2011).

### 2.9.3.2 Tréning expiračných svalov

Napriek tomu, že pokojný výdych je pasívny dej, pri zvýšenej fyzickej námahe, alebo v prípade zúženia dýchacích ciest obštrukciou, sa výdych stáva dejom aktívnym, vyžadujúcim dostatočnú silu výdychových svalov (Potter, 2022). U pacientov s chronickým respiračným ochorením (napr. CHOCHP, CF) je preukázateľne znížená svalová sila a vytrvalosť expiračných svalov. Stupeň poklesu schopnosti vytrvalej práce výdychových svalov priamo koreluje so stupňom obštrukcie dýchacích ciest a tiež so znížením svalovej sily iných kostrových svalov (Ramírez-Sarmiento et al., 2002). Zaradenie tréningu výdychových svalov (EMT; z angl. expiratory muscle training) je vhodné v prípade poklesu MEP pod 80 % náležitých hodnôt (Neumannová et al., 2017).

Pri tréningu expiračných svalov je cieľom zvýšenie sily expiračných svalov v rámci zvýšenia efektivity expektorácie a prevencie bronchokolapsu (McConnell, 2013). Využitím expiračnej svalovej aktivity dôjde k zapojeniu mechanickej ventilačnej pumpy, čo umožní zmenu prúdových odporov v dýchacích cestách. Pozitívny efekt stimulácie výdychovej svalovej aktivity je spoločným výsledkom zvýšenej aktivity hladkého svalstva bronchov a korekcie tonu chronicky preťažených respiračných svalov (Smolíková & Máček, 2013).

Samotnému EMT predchádza podobný postup ako IMT - kineziologický rozbor, vyšetrenie pľúcnych funkcií, sily dýchacích svalov a dôkladná edukácia. Cvičebná jednotka EMT môže byť variabilná, v závislosti na použítom protokole. Preferované trvanie je 20-30 minút. Po hlbokom nádychu je potrebné priložiť náustok trenažéru k perám a pevne ho nimi obomknúť, kvôli zamedzeniu únikom vzduchu pri usilovnom expíriu. Výdych je silný a rýchly. Pred ďalším výdychom proti odporu trenažéru nasleduje 15-20 sekúnd pauza. Po piatich silných dlhých výdychoch, nasleduje minútová prestávka. Najčastejšia odporúčaná tréningová dávka je päť sérií po piatich opakovaníach (výdychoch) päť alebo šesťkrát do týždňa (Neumannová et al., 2014, 2018; NHS Foundation Trust, 2023; Weiner et al., 2003b). V prípade použitia EMST

trenažera si pri dobrej tolerancii tréningu odpor pacient zvyšuje vždy po jednom týždni o štvrt otáčky (NHS Foundation Trust, 2023). Tréningový program môže trvať päť (Mota et al., 2007), dvanásť (Weiner et al., 2003), či dokonca 40 týždňov (Battaglia et al., 2009) a viac.

Cvičenie môže prebiehať v rôznych polohách, v závislosti na type trenažera, stavu pacienta, či stanoveného cieľa svalového tréningu. Väčšinou je preferovanou polohou poloha v napriamennom sede s použitím nosného klipu, aby bol výdych vykonaný výlučne ústami. Nezriedka sa počas cvičenia vyskytnú závrate. V takom prípade je vhodné cvičenie prerušiť a položiť sa do horizontálnej polohy s elevovanými dolnými končatinami. V polohe je nutné zotrvať kým závrat neustúpi a pri opätovnej vertikalizácii postupovať pomaly. Pacient by mal o takejto udalosti informovať svojho terapeuta, ktorý zváži úpravu nastavenia trenažera (NHS Foundation Trust, 2023; Smolíková & Máček, 2013).

Väčšina zdrojov poukazuje na pokles efektu tréningu hlavne inspiračných svalov po ukončení tréningového cyklu. Pacienti by mali byť preto terapeutom vedení k pokračovaniu v tréningu vo vlastnom záujme, s cieľom udržať dosiahnuté zlepšenie (Gosselink et al., 2011; Weiner et al., 2004). Po skončení programu a dosiahnutí požadovaného cieľa sa v rámci udržania dobrého stavu dýchacích svalov pacientom odporúča zahájiť udržiavací program, počas ktorého tréning prebieha už len dva až trikrát do týždňa, po piatich opakovaniach v dvoch sériách (McConnell, 2013d; Weiner et al., 2003b). Vhodnou motiváciou je stanovenie nových adekvátnych cieľov pre pacienta na základe výstupného vyšetrenia. Ciele sa môžu týkať napríklad činností, ktoré pacient zatiaľ nie je schopný zvládnuť bez výskytu symptómov ochorenia (Kolek, 2019).

## **2.10 Tréning respiračných svalov u pacientov s chronickým respiračným ochorením**

Chronické respiračné ochorenia sa spájajú s množstvom obťažujúcich klinických príznakov. Niektoré z nich sme schopní ovplyvniť prostredníctvom respiračného tréningu (Mortari & Manzano, 2022b).

Pri cielenom posilňovaní nádychových svalov okrem zvýšenia ich sily dochádza k zníženiu dýchavičnosti a zvýšeniu funkčnej kapacity (Mortari & Manzano, 2022b). U pacientov s CHOCHP sú na IMT najčastejšie používané trenažery Threshold Inspiratory Muscle Trainer (Threshold IMT®), PowerBreath®, AirOFit PRO™, či FeelBreathe® (Vázquez-Gandullo et al., 2022). Weiner et al. v roku 2003 zaznamenal po cielenom tréningu nádychových a výdychových svalov zvýšenie sily a vytrvalosti respiračných svalov. Efekt IMT sa prejavil tiež zvýšenou toleranciou záťaže a zmiernením dýchavičnosti pri bežných denných činnostiach.

Tréning špecificky výdychových svalov opäť ukázal zvýšenie tolerancie a tiež zníženie hyperinflácie. Pri kombinovanom tréningu nádychových a výdychových svalov (6x do týždňa 30 minút IMT a 30 minút EMT) sa nepotvrdila žiadna pridaná hodnota v porovnaní so samostatným IMT. Táto štúdia záverom uvádza, že jediným dostačujúcim tréningom dýchacích svalov dosahujúcim zlepšenie tolerancie záťaže a zmiernenie dýchavičnosti u pacientov s CHOCHP by mal byť samostatný IMT (Weiner et al., 2003a).

Ďalším klinickým príznakom, ktorý je možné tréningom dýchacích svalov ovplyvniť, je hypersekrecia a stagnácia hlienu v dýchacích cestách. V prípade neefektívnej expektorácie sputa môže byť dôvodom oslabenie dýchacích svalov a je vhodné použiť niektorý z trenažérov na ich posilnenie. Možné je použitie napríklad POWERbreathe, Threshold IMT, či threshold positive expiratory pressure (Threshold PEP) (Neumannová et al., 2017).

Systematické review (SR) z roku 2014 (Neves et al., 2014) potvrdilo u všetkých pacientov s CHOCHP zaradených do programu RMT po absolvovaní súčasného tréningu inspiračných a expiračných svalov zvýšenie MIP aj MEP v porovnaní s kontrolnou skupinou. V štúdiách bol použitý bližšie nešpecifikovaný typ trenažéru Threshold (Weiner et al., 2003) a Respivolt s Respilift (Battaglia et al., 2009), 6-7 x do týždňa, po dobu 12 týždňov v prvom a 40 týždňov v druhom prípade. V prvej zmienenej štúdií bol odpor Threshold počas prvého týždňa programu nastavený na 15 % MEP, s následným zvyšovaním odporu o 5 – 10 % pri každej intervencii až na úroveň 60 % MEP (Nield et al., 2007; Weiner et al., 2003). Výsledky oboch zmienených štúdií (Battaglia et al., 2009; Weiner et al., 2003) potvrdili možnosť použitia protokolov uvedených v review (Neves et al., 2014) v terapii pacientov s pokročilým štádiom CHOCHP. Je to možné aj vďaka nastaveniu nízkeho odporu v úvode programu cieleného na EMT (Nield et al., 2007; Weiner et al., 2003), či kombinovaný IMT+EMT (Battaglia et al., 2009; Weiner et al., 2003), ktoré umožní postupnú adaptáciu na záťaž. Výsledok týchto štúdií tiež poukazuje na dôležitosť EMT u pacientov s CHOCHP, keďže oslabenie expiračných svalov sa u nich spája s vyššou frekvenciou exacerbácií, počtom hospitalizácií a vyššou mortalitou (Neves et al., 2014).

U pacientov s CHOCHP sa benefity IMT netýkajú len respiračného systému. Objektívne zlepšenie v šesťminútovom teste chôdze (6MWT; z angl. 6 minute walking test) (Charususin et al., 2013; Cutrim et al., 2019), i na ukazovateľoch kvality života (Majewska-Pulsakowska et al., 2015), sa po cykle intervencii IMT prejavilo najmä u pacientov s CHOCHP s chronickou hyperkapniou, u ktorých bol PaCO<sub>2</sub> vyšší ako 45 mm Hg (Chuang et al., 2017; Souza et al., 2022).

V porovnaní s CHOCHP, je aj pri podobných hodnotách hyperinflácie u pacientov so steroid-non-dependentnou AB menej výrazné zníženie sily a vytrvalosti dýchacích svalov

(Laviertes et al., 1988; McKenzie & Gandevia, 1986; Perez et al., 1996; Stell et al., 2001). Avšak zatiaľ čo u pacientov s CHOCHP sa RMT ukázal byť efektívny (Beaumont et al., 2018; Langer et al., 2018), do terapeutických programov pre AB štandardne zaradený nie je. Dôvodov je viacero. Systematické review z roku 2013 síce preukázalo zvýšenie sily inspiračných svalov (MIP) po absolvovaní programu RMT, ale tiež odhalilo, že tréningom inspiračných svalov u pacientov s AB nedošlo k očakávanému zmierneniu dýchavičnosti (Silva et al., 2013).

Možným dôvodom je nedostatok potvrdených dôkazov o tomto výsledku a nízka kvalitatívna úroveň metodiky jednotlivých zaradených štúdií. Okrem toho, žiadna zo štúdií nepotvrdila koreláciu zvýšenia sily inspiračných svalov s klinicky významnými údajmi akými sú napríklad počet exacerbácií, stavov vyžadujúcich hospitalizáciu, alebo vplyv na vytrvalosť nádechových svalov. Všetky skúmané štúdie boli tiež zamerané na dospelých, čo je považované za ďalší limitujúci faktor (Lista-Paz et al., 2023).

Keďže v súčasnosti rastie klinický záujem o RMT u pacientov s asthma bronchiale, v posledných rokoch bolo publikovaných niekoľko nových štúdií s týmto zameraním, a tak bolo o 10 rokov neskôr od systematického review (SR) z roku 2013 (Silva et al., 2013) bolo vydané ďalšie (Lista-Paz et al., 2023). Tentokrát však u pacientov hodnotilo nie len efektívnosť RMT na silu a vytrvalosť dýchacích svalov, ale tiež jeho vplyv na toleranciu záťaže, klinické príznaky AB a pľúcne funkcie, adhérenciu k liečbe, počet hospitalizácií, kvalitu života a vedľajšie účinky. Avšak opäť sa potvrdil výsledok z predchádzajúceho SR – pozitívny vplyv IMT na silu nádechových svalov (MIP), ale vplyv na ostatné posudzované parametre u pacientov s astmou je stále nejednoznačný a je predmetom ďalšieho skúmania (Göhl et al., 2016; Lista-Paz et al., 2023).

Pacientov s CF ohrozuje okrem iného tiež úbytok svalovej hmoty, ktorý zasahuje aj dýchacie svaly. Dôvodom je zvýšený katabolický metabolizmus spôsobený chronickými infekciami a tiež nutričný deficit (Ionescu et al., 1998; Pinet et al., 2003). Aj keď z hľadiska patofyziológie sa pacienti s CF zdajú byť vhodnými kandidátmi niu formou IMT (Reid et al., 2008; Santana-Sosa et al., 2014), najväčším úspechom v tejto oblasti bolo zatiaľ dosiahnutie zvýšenia MIP použitím odporového tréningu, avšak bez efektu na dýchavičnosť alebo kvalitu života (De Jong et al., 2001; Enright et al., 2004). Je potrebné hlbšie preskúmať ktorá podskupina pacientov s CF by mohla z IMT a z ktorej jeho podoby najviac benefitovať (Reid et al., 2008).

Štúdií potvrdzujúcich efekt RMT u pacientov s IPP je v porovnaní s množstvom zdrojov u CHOCHP veľmi málo. V SR, ktoré skúmalo 63 štúdií, len 4 z nich potvrdili pozitívny účinok IMT na klinické prejavy intersticiálnych pľúcnych ochorení (Hoffman, 2021). Zníženie sily a vytrvalosti dýchacích svalov sa aj u IPP spája so znížením tolerancie záťaže, dýchavičnosťou

a vyšším rizikom respiračného zlyhania (Marcellis et al., 2013). Ako sa ukázalo u pacientov s idiopatickou pľúcnou fibrózou IMT sa zdá byť efektívnym nástrojom na ovplyvnenie týchto parametrov (Jastrzebski et al., 2008; Kagaya et al., 2009). Možné je využitie samostatného tréningu inšpiračných svalov s odporovým trenažérom (napr. Threshold IMT), alebo kombinácia IMT a pľúcnej rehabilitácie. Pri kombinácií IMT a pľúcnej rehabilitácie, ktorá zahŕňala vytrvalostný, silový tréning a strečing bolo zaznamenané okrem zvýšenia sily dýchacích svalov, tiež zlepšenie funkčnej kapacity, zmiernenie dyspnoe a zvýšenie kvality života (Kerti et al., 2020a, 2020b). Výskum, ktorý vykonal O'Connor et al. (2019) dokonca ukazuje, že IMT s využitím trenažérov by vďaka svojej vysokej adherencii mohol byť vhodnou alternatívou pre pacientov s IPP, ktorí z rôznych dôvodov odmietajú participovať na pľúcnej rehabilitácii ako takej. Okrem nedostatku zdrojov potvrdzujúcich efekt RMT u IPP, je v tomto prípade, podobne ako u AB, limitujúcim faktorom nejednotná metodika výskumu a malý výskumný súbor (Hoffman, 2021).

## **2.11 Ďalšie zložky pľúcnej rehabilitácie**

Okrem samotnej respiračnej fyzioterapie by mali byť v liečebnom procese pacientov s chronickým respiračným ochorením aplikované aj ďalšie prvky pľúcnej rehabilitácie. Ich zaradenie má značný vplyv na úspešnosť liečby (Holland et al., 2021). V tejto kapitole budú stručne popísané niektoré techniky, časti pľúcnej rehabilitácie a dôvody ich zaradenia do terapie pacientov s poruchou dýchania.

Kľúčom k vybudovaniu vzťahu pacient-terapeut, vďaka ktorému pretrváva motivácia a adherencia pacienta k terapii je edukácia pacienta o jeho stave, priebehu terapie a možnostiach liečby. Do samotnej terapie je s prihliadnutím na stav pacienta vhodné zaradiť silový a vytrvalostný tréning, mäkké a mobilizačné techniky (MMT), korekcia držania tela, hygienu horných dýchacích ciest, senzomotorickú stimuláciu (SMS) a mnohé ďalšie. V rámci komplexného prístupu by mala byť pacientovi s poruchou dýchania ponúknutá kúpeľná liečba, pomoc ergoterapeuta, nutričného terapeuta a v neposlednom rade psychosociálne poradenstvo (Holland et al., 2021; Kolek, 2019; Neumannová et al., 2014).

### **2.11.1 Edukácia**

Edukáciu pacienta, prípadne jeho rodinných príslušníkov by mali vykonávať všetci členovia multidisciplinárneho tímu. Dôležité však je, aby podávali jednotné a zrozumiteľné informácie týkajúce sa konkrétneho prípadu pacienta. Jednými z cieľov edukácie sú zoznámenie pacienta so symptómami a ich self-monitoringom, priebehom a možnosťami

liečby vrátane jednotlivých zložiek pľúcnej rehabilitácie a technikami respiračnej fyzioterapie. Vhodná edukácia pacienta a jeho porozumenie svojmu ochoreniu môže viesť k väčšej adherencii a motivácii pacienta k terapii, čo významne ovplyvňuje výsledný efekt liečby (Bauldoff, 2011; Blackstock & Evans, 2019; Bolton et al., 2013; Hodder, 2005).

### **2.11.2 Ošetrovanie mäkkých tkanív**

V rámci „prípravy terénu“ pre ďalšie terapeutické pôsobenie nemožno opomenúť mobilizáciu kĺbov a ošetrovanie mäkkých tkanív (kože, podkožia, fascii, svalov) v postihnutom segmente a jeho okolí (Lewit, 2003). Zvýšené napätie svalov s reflexnými zmenami môže sťažovať dýchanie, či obmedzovať rozvíjanie hrudníka pri dýchaní pre bolesť a diskomfort (Chaitow, 2002; Máček & Smolíková, 2006). Na výber máme mnoho rôznych techník a prístupov. Patrí k nim napríklad technika masážneho hľadania, spojená so súčasným pôsobením na psychickú zložku ochorenia. Ďalej ošetrovanie kože a podkožného väziva na hrudníku a bruchu posunom kožnej riasy, s cieľom normalizácie elasticity a obnovy posunlivosti s následným reflexným uvoľnením svalov. V prípade netolerovania techniky pacientom, možno individuálne upraviť intenzitu ošetrovania, alebo ho vykonávať pomocou soft loptičky s cieľom mobilizačnej facilitácie (Smolíková et al., 2005; Smolíková & Máček, 2013).

### **2.11.3 Korekcia držania tela**

Pre obštrukčné ochorenia dýchacích ciest sú typické poruchy dychového stereotypu spojené s rigidným inspiračným postavením hrudného koša a blokádami ako vertebrocostálnych, tak sternocostálnych spojení. Táto pozícia hrudníka znižuje jeho elasticitu a odrazí sa v plytkom povrchovom dýchaní (Katz et al., 2018; Lewit, 2003). Prevažujúci horný hrudný typ dýchania nepriaznivo ovplyvňuje okrem iného svaly šije a krku, vedie k ich chronickej únave a kontrahovanému hypertonu. Táto nerovnováha sa často u pacienta prejaví ako syndróm preťaženej hrudnej muskulatúry a chybného držania tela. Sekundárne je ovplyvnené držanie hlavy, celkové držanie trupu a postavenie panvy, čo sa opäť premietá v patologických dychoch pohyboch. Platí, že chronické respiračné ochorenie sa vždy prejaví zmenou postúry. Aj z tohto dôvodu každé cvičenie zahajujeme korekciou držania tela, najčastejšie vo vertikálnom sede (Máček & Smolíková, 2006).

V rámci korekčnej fyzioterapie individuálne volíme postupy a prvky s konkrétnym zámerom. Dostupné je široké spektrum korekčných terapeutických konceptov (napr. cvičenie podľa McKenzie, Schrottové, metodika podľa Klappa, Brügger koncept atď.), ktoré môžeme cieľiť napríklad na úľavu od vertebrogénnych ťažkostí, zníženie dýchavičnosti, či uvoľnenie

hypertonických svalov a iné. Nezriedka je úľava, dychová či svalová, po nastavení do napriameného sedu okamžitá. Túto pozitívnu skúsenosť z terapie tak môžeme využiť na zvýšenie motivácie, či adherencie pacienta k terapii (Budiman & Garnewi, 2021; Martínez-Moragón et al., 2008).

#### **2.11.4 Hygiena horných dýchacích ciest**

Horné dýchacie cesty (HDC) tvoria vstupnú bránu dýchacej sústavy. Práve ich priechodnosť, hlavne nosa, určuje výsledný efekt a účinnosť RFT. Na udržanie priechodnosti dýchacích ciest slúžia tiež obranné reflexy ako je kašeľ, ktorých efektivita je znížená v prípade oslabenia výdychových svalov. Tento stav komplikuje expektoráciu u pacientov s retenciou sputa pri chronických respiračných ochoreniach (M. McIlwaine, 2006; Neumannová et al., 2018).

Okrem nosnej dutiny venujeme pozornosť aj pohyblivosti temporomandibulárneho kĺbu (TMJ), jazyky a jazyku samotnému. Jeho chronický hypertonus ovplyvňuje funkciu svalov tváre, krku, čeľustných kĺbov a v neposlednom rade koreň jazyka priamo ovplyvňuje funkciu glotis. Pre RFT je nutné, aby bola glotis a jej okolie voľné, keďže má priamy vplyv na mechaniku dýchania. Pri vyšetrení a kontrole priechodnosti HDC sa zameriame aj na patologické zvukové fenomény pridružené k dýchaniu, keďže pacient samotný ich môže považovať za bežné, či ich nerozpoznať (Chevaillier, 2002; Pryor & Prasad, 2009; Smolíková Libuše, 2005).

Ďalej medzi techniky a metódy hygieny dýchacích ciest patria podľa International Physiotherapy Group for Cystic Fibrosis (2002):

- Autogénna drenáž (AD)
- Aktívny cyklus dychových techník (ACBT)
- PEP systém dýchania
- Intrapulmonárna perkusívna ventilácia (IPV)
- Inhalačná liečba.

(Bolton et al., 2013; Hodder, 2005; Pitta et al., 2008) Každá technika má konkrétne indikácie (Belli et al., 2021). High-pressure PEP je síce technika rovnako efektívna ako AD, ale kvôli jej náročnosti nie je vhodná pre ľahko unaviteľných pacientov s proťahovanou regeneráciou. Vhodnejšou voľbou pre týchto pacientov je využitie AD, ACBT či vibračných trenažérov, napr. flutter (Smolíková & Máček, 2013). Vhodná je i kombinácia jednotlivých techník (Lapin, 2000; Ruggeri et al., 2023). Všetky techniky prebiehajú výlučne v rámci



individuálnej rehabilitácie a vyžadujú aktívnu spoluprácu pacienta (International Physiotherapy Group for Cystic Fibrosis. (IPG/CF), 2002; Kerem et al., 2005).

#### **2.11.5 Senzomotorická stimulácia**

V terapii pacientov s poruchami dýchania, hlavne pacientov s CHOCHP, využívame techniku SMS na zlepšenie stability v stoji aj v dynamických situáciách. Dôvodom zaradenia tejto techniky je aktivácia bránice v jej dychovej a posturálnej funkcií zároveň. U starších pacientov s CHOCHP bol preukázaný vyšší výskyt pádov, ako u zdravých jedincov rovnakého veku (Beauchamp et al., 2009; Hellström et al., 2009; Roig et al., 2011). Príčinou porúch rovnováhy môže byť zmena postavenia a oploštenie bránice dychových pacientov, či hypotrofiou a zmenou zastúpenia typu svalových vlákien bránice a ostatných priečne pruhovaných svalov (Thomas, 2006).

#### **2.11.6 Zvyšovanie kondície**

V rámci pľúcnej rehabilitácie necielime len na lokálnu ventiláciu prostredníctvom statických dychových cvičení, ale hlavne na zvýšenie tolerancie záťaže a relatívne efektívnejšie využitie kyslíku. To docielime okrem tréningu dýchacích svalov, aj tréningom veľkých svalových skupín, hlavne svalov dolných končatín (Bolton et al., 2013; Spruit et al., 2013a). Vhodnou formou dlhodobého tréningu je chôdza, či jazda na rotopede (Smolíková & Máček, 2013). Najlepší efekt čo sa týka zvýšenia tolerancie záťaže a zníženia rizika hospitalizácie je preukázateľne dosiahnuteľný využitím pľúcnej rehabilitácie vrátane behaviorálnej terapie (Spruit et al., 2015; Zeng et al., 2018). Je nutné zdôrazniť, že samotná RFT nemá priamy vplyv na celkovú fyzickú zdatnosť a kondičnú výkonnosť dýchacích svalov, ale slúži primárne na rýchlu úľavu od aktuálnej dýchavičnosti a na odstránenie sputa (Moorcroft et al., 2004).

#### **2.11.7 Psychická zložka**

Ochorenie respiračného systému možno v širšom kontexte kvôli jeho symptómom a ich neočakávanému nástupu považovať za stresor. Medzi jeho sekundárne prejavy patrí vždy hypertonus svalov dýchacej sústavy a preťaženie kĺbných spojov (Maccangno & Cara, 1970). Hovoríme preto o somatopsychickom ochorení a je žiaduce, aby sa RFT venovala okrem iného aj fyzickej a psychickej relaxácii s cieľom pomôcť pacientovi lepšie sa vyrovnáť s jeho ochorením a zabrániť vzniku sociálnej izolácie. V rámci medziodborovej spolupráce je vhodná spolupráca s psychoterapeutom, so zameraním na prevenciu a terapiu anxiózných či depresívnych stavov, stigmatizmus, stres a zvyšovanie adaptačnej kapacity pacienta, či

pomoc s odvykaním od fajčenia (Bolton et al., 2013; Smolíková & Máček, 2013; Spruit et al., 2013a). Psychofyzický prístup v kombinácii s relaxačnými technikami má pozitívny vplyv na pacientovu sebakontrolu a schopnosť sústredenia v priebehu terapie, ako aj pri domácom cvičení. Počas celej spolupráce s pacientom by sme mali mať na pamäti dve heslá - tolerancia a trpezlivosť, v prospech dosiahnutia spoločného cieľa (Smolík, 1996; Smolíková & Máček, 2013).

Objektivizovať, hodnotiť pacientov psychický stav a sledovať efekt terapie možno aj prostredníctvom sebahodnotiacich dotazníkov. Napriek tomu, že sa hodnotenie spätne premieta do zdravotného stavu, tolerancie záťaže a schopnosti vykonávať bežné denné činnosti, tieto dotazníky nehodnotia priamo zdravotný stav. Hodnotia kvalitu života vo vzťahu ku zdraviu (health-related quality of life) a v kombinácii s ďalšími vyšetreniami nám poskytujú ucelenú predstavu o stave pacienta (De Vries & Drent, 2008; Kolek, 2019; WHO, n.d.).

Vhodná forma pľúcnej rehabilitácie prináša fyzické, emocionálne, sociálne, aj funkčné benefity. Pacienti jej efekt hodnotia veľmi pozitívne a preto by malo byť zvyšovanie jej dostupnosti jedným z hlavných cieľov blízkej budúcnosti (Blackstock et al., 2018; Rochester et al., 2018). V posledných rokoch sa objavujú nové modely terapeutických programov, ktorých cieľom je zlepšiť dostupnosť a zvýšiť uplatnenie pľúcnej rehabilitácie v procese liečenia pacientov. Jedná sa najmä o nízkonákladové domáce modely rehabilitácie, vrátane telerehabilitácie, u ktorých už mnohé štúdie potvrdili pozitívne výstupy aj bezpečnosť (Holland et al., 2021). Táto forma pľúcnej rehabilitácie pomáha odbúrať niektoré z hlavných komplikácií, pre ktoré sa pacienti nepodieľali na pľúcnej rehabilitácii v centrách. Medzi hlavné príčiny patria často problémy s cestovaním, sociálne záväzky, finančné dôvody, či vplyv komorbidít (Keating et al., 2011; Mathar et al., 2017).

### 3 KAZUISTIKA

#### 3.1 Základné údaje

Iniciály: D. V.

Pohlavie: žena

Vek: 32 rokov

Výška: 165 cm

Váha: 63 kg

Diagnóza: asthma bronchiale

#### 3.2 Anamnéza

**OA:** Op. odstránenie polypov v r. 2019 – pacientka následne nadobudla čuch

**RA:** Otec alergik (peľ)

**GA:** Irelev.

**SA:** Žije s priateľom v byte

**PA:** V obchode s oblečením

**ŠpA:** Krátke prechádzky so psom

**AA:** V detstve atopický ekzém liečený emolienami a lok. kortikosteroidmi, dnes bez príznakov; v 4 rokoch kedy „celá opuchla“ diagnostikovaná alergia na prach, peľ, srseň, seno, roztoče, prechod z tepla do zimy; pravidelné ročné kontroly na alergiológií

**FA:** Pravidelne ráno Desloratadin; pravidelne večer Cezera, Castispir; pri akútnej dýchavičnosti inhalačne Ventolín (Salbutamol)– aktuálne asi 4x/týždeň, najčastejšie večer, nadržanom; príležitostne pri zhoršení príznakov alergie Nasonex v spreji

**Abúzus:** Elektronická cigareta a alkohol príležitostne

**SO:** Na základe opakovanej nadmernej dýchavičnosti bola pacientke v 22 rokoch po vyšetrení alergiológom diagnostikovaná asthma bronchiale. Pacientka pociťuje stavy dýchavičnosti, sípavé dýchanie a lapanie po dychu pri, či po záťaži (rýchla chôdza, schody, emočné vypätie), ktoré neodzní bez podania Ventolínu. Subjektívne popisuje tento stav ako keby „už nemala kapacitu viac sa nadýchnuť“, nádychy sú krátke. Kašeľ neguje. Ako úľavovú polohu uvádza napriamený stoj. Zhoršenie príznakov na jar a v lete. Pacientka netoleruje pobyt v suchej saune pre silnú dyspnoe. Časté nádchy, respiračné infekty neguje.

### 3.3 Vstupné vyšetrenie

#### *Kineziologický rozbor*

##### **Aspekcia v stoji:**

Zozadu: elevácia ľavého ramena, zvýraznené kontúry m. trapezius bilat., viditeľné med. okraje a ang. inf. oboch lopatiek, tajle mierne väčšie vpravo, infragluteálna ryha vľavo nižšie, Trendelenburgov príznak prítomný vľavo

Zboku: predsunuté držanie hlavy, protrakcia oboch ramien, akcentácia hrudnej kyfózy, hyperextenzia kolien

Spredu: výrazná kontúra m. sternocleidomastoideus a mm. scaleni, vystúpené claviculy, viac vpravo, spodné rebrá držané v mierne nádychovom postavení, kožná ryha nad pupkom, valgozita kolien, priečne plochonožie bilaterálne

**Aspekcia v sede:** rozvíjanie hrudníka pri dychových pohyboch stranovo symetrické; hrudník bez deformít; pri pokojnom dýchaní mierna prevaha horného hrudného dýchania s decentnou eleváciou ramien; pokojová dych. frekvencia 18 dychov/min; pomer nádychu a výdychu 3:4; pri rýchlom maximálnom nádychu výrazná elevácia oboch ramien so zapojením pomocných nádychových svalov (hlavne mm. scaleni, m. sternocleidomastoideus, m. trapezius, m. levator scapulae) s napriamením až extenziou hrudnej chrbtice a eleváciou hrudného koša spojenou kranialným a ventrálным pohybom spodných párov rebier, mierne vtiiahnutie brucha, dychová vlna zahájená v hornej hrudnej oblasti; pri maximálnom výdychu kyfotizácia hrudnej chrbtice;

**Aspekcia v ľahu na chrbte s extendovanými dolnými končatinami:** fyziologická prevaha brušného dýchania; pretrváva protrakcia ramien

**Palpácia:** koža, podkožie primerane posunlivé na celej ploche hrudníka, šije a krku; pokožka primerane teplá, potivá; palpačne zvýšený tonus krátkych extenzorov šije, m. levator scapulae, m. trapezius, m. sternocleidomastoideus, mm. scaleni, mm. pectorales major et minor; palpačne bolestivé mm. intercostales posledných 3 párov rebier vľavo, na tejto bočnej strane trupu pacientka aj neprimerane štekľivá; obmedzený pohyb jazyčky vľavo; blokáda I. rebra vpravo; dychové pohyby symetrické, stranový rozdiel len v hornej hrudnej etáži ventrálne, kde rozvíjanie výraznejšie na ľavej strane;

**Auskultácia:** pri pokojnom dýchaní počuteľné slabé sípavé zvuky, zvýraznené pri prehĺbenom dýchaní;

**Oslabené a skrátené svaly:** patologický stereotyp flexie krčnej chrbtice s predsunom a prevahou zapojenia m. SCM, pri korigovanej flexii preukázané oslabenie hlbokých flexorov krčnej chrbtice v testovaní podľa prof. Jandy; pri testovaní v trojflexii DKK podľa prof. Kolára

insuficiencia aktivity hlbokého stabilizačného systému chrbtice; žiadne výrazné svalové skrátenie sa pri testovaní neukázalo, pacientka konštitučne hypermobilná;

V rámci vstupného vyšetrenia bola probandovi odobraná anamnéza a bol vykonaný základný kineziologický rozbor so zameraním na oblasť trupu. V rámci neho sa nám podarilo zistiť výrazné preťaženie pomocných nádychových svalov oblasti šije a krku s blokádou I. rebra vpravo a jazyľky. Môžeme predpokladať, že obmedzené dychové pohyby mohli byť spôsobené aj touto blokádou spojenou s diskomfortom. Svalová dysbalancia svalov krku a šije je podporovaná patologickým súhybom ramenných pletencov do elevácie pri maximálnom nádychu (využívaný okrem iného aj pri aplikácií inhalačnej liečby) a neideálnym držaním tela v zmysle horného skríženého syndrómu podľa prof. Jandy. Reflexné zmeny boli prítomné v medzirebrových svaloch kaudálnej časti hrudného koša vľavo. Nedostatočné zapojenie bránice v jej respiračnej aj posturálnej funkcií sa potvrdilo pri vyšetrení hlbokého stabilizačného systému chrbtice. Pacientka je po korekcií schopná bráničného dýchania, avšak bez korekcie pretrvávajú neideálny dychový vzor, s prevahou horného hrudného dýchania s eleváciou ramien, pomerne povrchovým dýchaním a vyššou frekvenciou dýchania.

#### *Meranie rozvíjania hrudníka*

Tabuľka 1

#### *Meranie rozvíjania hrudníka – vstupné vyšetrenie*

Úroveň merania	Rozvíjanie hrudníka [cm]	
	Pokojnú dýchanie	Max. nádych-výdych
Axillare	2	5
Mesosternale	2,5	7
Xiphosternale	1	8
½ x-u	1	2

*Vysvetlivky.* **Axillare** = obvod hrudníka meraný horizontálne v úrovni podpazušia; **Mesosternale** = obvod hrudníka v úrovni stredu sternu a dolných uhlov lopatiek; **Xiphosternale** = obvod hrudníka meraný horizontálne v úrovni proc. xiphoideus sterni; **½ x-u** = obvod hrudníka meraný horizontálne v polovici vzdialenosti medzi umbilicus a proc. xiphoideus sterni

*Interpretácia:* Meranie rozvíjania hrudníka (Tabuľka 1) nám umožňuje objektivizovať pohybovú zložku dýchania a zároveň poskytuje čiastočnú predstavu o dychovom vzore jedinca. Výsledné parametre tvorí priemer z 3 meraní vykonaných v každej zo 4 etáží hrudníka

pomocou páskovej miery. Meriame v úrovni axíl, v polovici sterna, v úrovni processus xiphoideus a v polovici vzdialenosti umbilicu a proc. xiphoideus. O fyziologickom dychovom vzore svedčí, ak sú hodnoty vo všetkých úrovniach približne podobné (Kateřina Neumannová et al., 2014).

Podľa nameraných hodnôt prevláda pri pokojnom dýchaní horné hrudné dýchanie a rozvíjanie hrudníka je minimálne, zatiaľ čo pri maximálnom nádychu dochádza k výraznému rozvíjaniu hrudníka.

Ďalšie vyšetrenie je zamerané na posúdenie dychových funkcií a funkciu dýchacích svalov pacienta.

### *Spirometrické vyšetrenie*

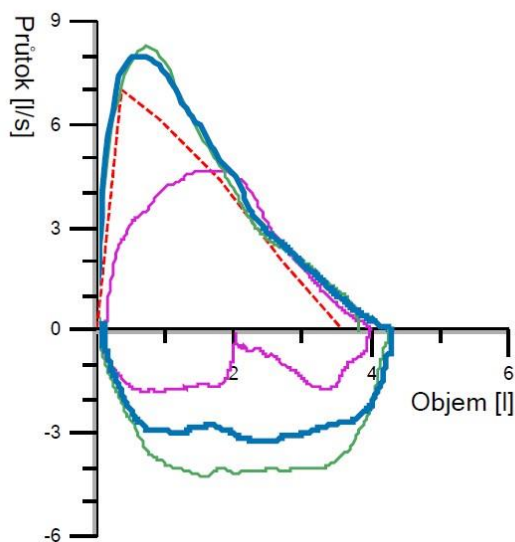
Tabuľka 2

#### *Spirometrické vyšetrenie a meranie sily dýchacích svalov*

Parameter	Predikované hranice normy	Vstupné namerané hodnoty	Pomer vstupných hodnôt k norme
VC	3,58 l	4,32 l	121%
ERV	1,23 l	1,23 l	100%
IC	2,34 l	3,09 l	132%
FVC	3,59 l	4,29 l	120%
FEV <sub>1</sub>	3,12 l	3,51 l	113%
FEV <sub>1</sub> /FVC	83%	91,9%	99%
PEF	7,01 l/s	8,00 l/s	114%
MEF75	6,11 l/s	7,26 l/s	119%
MEF50	4,40 l/s	3,96 l/s	90%
MEF25	2,04 l/s	1,59 l/s	78%
MEF25-75	3,89 l/s	3,35 l/s	86%
PI <sub>max</sub>	8,5 kPa	9,5 kPa	112%
PE <sub>max</sub>	9,2 kPa	9,7 kPa	105%
P0.1	0,15	0,19	126%
TT <sub>mus</sub>	0,1	0,08	125%

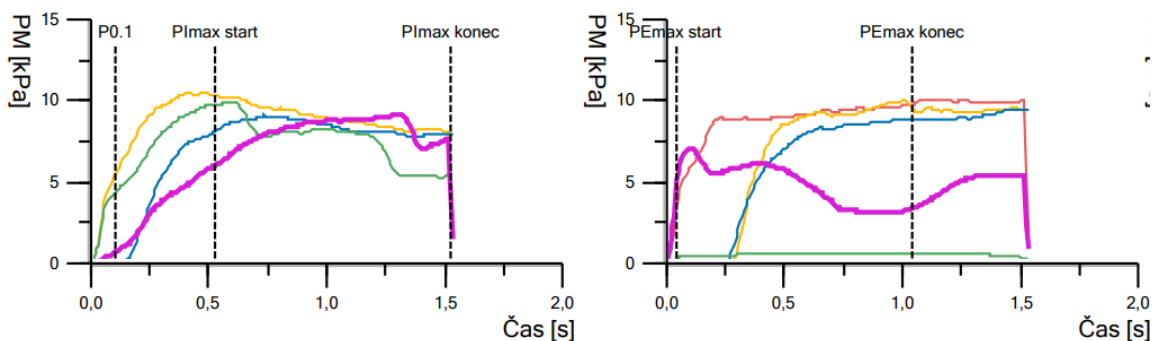
*Vysvetlivky.* **VC** (vital capacity) = vitálna kapacita pľúc; **ERV** (expiratory reserve volume) = expiračný rezervný objem; **IC** (inspiratory capacity) = inspiračná kapacita; **FVC** (forced vital capacity) = usilovná vitálna kapacita; **FEV1** (forced expiratory volume) = usilovne vydýchnutý za 1. sekundu maximálneho

výdychového úsilia; **FEV1/FVC** = Tiffeneauv index; **PEF** (peak expiratory flow) = maximálny výdychový prietok; **MEF75** (mid-expiratory flow) = výdychový prietok nameraný pri 75 % vitálnej kapacity; **MEF50** (mid-expiratory flow) = výdychový prietok nameraný pri 50 % vitálnej kapacity; **MEF25** (midexpiratory flow) = výdychový prietok nameraný pri 25 % vitálnej kapacity; **MEF25-75** (mid-expiratory flow) = výdychový prietok medzi 25 % a 75 % vitálnej kapacity; **P<sub>lmax</sub>** (maximal inspiratory pressure) = maximálny tlak vyvinutý pri nádychu; **P<sub>E</sub>max** (maximal expiratory pressure) = maximálny tlak vyvinutý pri výdychu; **P<sub>0.1</sub>** = tlak meraný 0,1 s po zahájení nádychu. Za normu považujeme hodnoty  $P_{0.1} < 0,2$ ; **TTMUS** = index dychovej práce, hodnotí svalovú únavu. Za fyziologické považujeme hodnoty  $TTMUS < 0,1$  (Chlumský, 2014).



Obrázok 12. Slučka prietok/objem

*Vysvetlivky.* Horizontálna os znázorňuje objem vzduchu v litroch. Vertikálna os znázorňuje prietokovú rýchlosť v jednotkách l/s. Súvislá čiara predstavuje namerané hodnoty, prerušovaná čiara hodnoty predikované.



Obrázok 13. Grafické zobrazenie merania statických ústnych tlakov

*Vysvetlivky.* Horizontálna os znázorňuje tlak vzduchu v kPA. Vertikálna os znázorňuje časový priebeh v s. Fialová čiara predstavuje pokus s najlepšimi nameranými hodnotami, ktoré boli zaznačené do tabuľky (Tabuľka 2)

*Interpretácia:* Všetky merané parametre u pacientky (Tabuľka 2) prevyšujú očakávané hodnoty. Mierna odchýlka parametrov MEF 50, 25 a 25-75 ukazuje náznak obštrukcie periférnych dýchacích ciest, ale hodnoty sú stále v medziach normy. Vyšetrenie sily dýchacích svalov neukázalo žiadne oslabenie.

## **3.4 Terapia**

### **3.4.1 Krátkodobý rehabilitačný plán**

Vzhľadom na aktuálny stav pacientky a očakávané zhoršenie príznakov v jarnom a letnom období, bola na úvod terapie zaradená edukácia ohľadom odpočinkových polôh, spojených s bráničným dýchaním a výdychom cez našpúlené pery. Tieto polohy môže pacientka využiť pri akútnych stavoch dýchavičnosti, či ako prevenciu tohto stavu. Zaradená bola tiež kontrola, edukácia a nácvik správnej techniky inhalácie, s prihliadnutím na patologický stereotyp prudkého maximálneho nádychu.

V rámci krátkodobého rehabilitačného plánu na základe vstupného vyšetrenia prebiehalo ošetrovanie mäkkých tkanív so zameraním na fascie hrudníka - pektorálnu, klavipektorálnu, laterálnu a neskôr reflexné zmeny pomocných dýchacích svalov. Ošetrovanie reflexných zmien svalov bolo vykonané presúrou a postizometrickou relaxáciou a to aj formou autoterapie. Techniky ošetrovania mäkkých tkanív boli nasledované mobilizáciou I. rebra a jazylky, po ktorých prebehlo zaučenie automobilizácie hrudnej chrbtice vo všetkých troch rovinách pohybu podľa metodiky L. Mojžíšovej. V ďalšej fáze rehabilitácie bola zaradená aktivácia a posilňovanie hlbokých flexorov krčnej chrbtice vzhľadom na ich zistené oslabenie.

V rámci korekcie a reedukácie dychového vzoru sme sa zamerali na predĺženie výdychu, zabránenie patologickým súhybom ramien a nácvik ponádychovej pauzy, aj s prihliadnutím na správnu techniku inhalácie. Reedukácia postupne prebiehala v posturálne najnáročnejších pozíciách, aké pacientka zvládla (počnúc horizontálnym sedom, nasledovaným korigovaným sedom, polohou „rytiera“, korigovaného stoja a stoja na 1 nohe). Po 3 týždňoch programu bola pacientka schopná korigovať dychový stereotyp aj pri použití nestabilnej podložky v stoju na 1 nohe a to aj v spojení s použitím dychového trenažéra. Pacientka sa tak zameriava na udržanie vhodného dychového vzoru so súčasným posilňovaním dýchacích svalov v pre ňu neštandardnom nastavení segmentov kvôli vytvoreniu funkčnej rezervy pohybového aparátu.



Pacientka mala na dobu programu zapožičaný trenažér Threshold IMT. Zvolili sme protokol tréningu inšpiračných svalov, ktorým pri dobe cvičenia 30 minút, 6 x do týždňa možno cieľiť aj na budovanie vytrvalosti (Weiner et al., 2002). Dôvodom výberu protokolu bolo, že u pacientky nebolo potvrdené oslabenie dýchacích svalov, ale pociťuje dychovú nedostatočnosť aj pri miernej pohybovej aktivite. Spočiatku tréning s dychovým trenažérom prebiehal v nastavení odporu 15 % MIP (14 cm H<sub>2</sub>O) a po prvom týždni sa odpor zvyšuje o 5-10 % pri každej intervencii, podľa tolerance pacientom. Pacientka cvičebnú záťaž zvládala dobre, bola motivovaná k cvičeniu. Po 4 týždňoch cvičenia by podľa protokolu mala dosiahnuť cvičenie s nastavením odporu 60 % MIP, teda v jej prípade 57 cm H<sub>2</sub>O. Trenažér Threshold IMT s maximálnym možným nastaviteľným odporom 41 cm vodného stĺpca to však neumožňoval a tak pacientka pokračovala v modifikovanom režime, s maximálnym nastaviteľným odporom. Tento odpor bol v kombinácii s posturálne náročnejšími pozíciami primeraný a tak nebolo potrebné predlžovať cvičebnú jednotku kvôli navýšeniu záťaže. Po 6 týždňoch sme program po vzájomnej dohode ukončili. Ak by sa pacientka rozhodla v cvičení pokračovať, odporučila by som jej výmenu cvičebnej pomôcky napríklad za trenažér s väčším rozpätím nastaviteľného odporu a jeho odstupňovaním.

### **3.4.2 Dlhodobý rehabilitačný plán**

V dlhodobom horizonte pacientke odporúčam zotrvať pri tréningu s dychovým trenažérom, s postupným zvyšovaním náročnosti posturálnych pozícií a odporu trenažéru.

Pacientka je zamedikovaná, astma kontrovaná a dobre kompenzovaná. S cieľom zlepšenia tolerance záťaže vyskytujúcej sa v bežnom živote pacientky som odporučila pacientkou zvolenú aeróbnu aktivitu vykonávať aspoň trikrát do týždňa.

V rámci režimových opatrení odporúčam obmedziť kontakt s alergénmi a dráždivými agens (cigaretový dym, domáce zvieratá).

### **3.5 Výstupné vyšetrenie**

Vo výstupnom vyšetrení bolo opäť zamerané rozvíjanie hrudníka a vykonaná kontrola techniky inhalácie. V rámci výstupného vyšetrenia už neprebehlo spirometrické vyšetrenie, vzhľadom na fyziologické hodnoty bez svalového oslabenia namerané pri vstupnom vyšetrení.

#### *Meranie rozvíjania hrudníka*

Tabuľka 3

*Meranie rozvíjania hrudníka – výstupné vyšetrenie*

Úroveň merania	Rozvíjanie hrudníka [cm]	
	Pokojný dýchanie	Max. nádych-výdych
Axillare	3	6,5
Mesosternale	4	7,5
Xiphosternale	2	8
½ x-u	2	4,5

*Poznámka.* Axillare = obvod hrudníka meraný horizontálne v úrovni podpazušia; Mesosternale = obvod hrudníka v úrovni stredu sternu a dolných uhlov lopatiek; Xiphosternale = obvod hrudníka meraný horizontálne v úrovni proc. xiphoideus sterni; ½ x-u = obvod hrudníka meraný horizontálne v polovici vzdialenosti medzi pupkom a proc. xiphoideus sterni

*Interpretácia výsledkov:* V pokojnom dýchaní nastalo len mierne zlepšenie rozvíjania vo všetkých etážach o 1 až 1,5 cm (Tabuľka 3). Pri maximálnom nádychu došlo k zlepšeniu rozvíjania hrudníka takmer vo všetkých úrovniach. Najväčší rozdiel sa prejavil v polovici vzdialenosti medzi pupkom a proc. xiphoideus, čo naznačuje priblíženie s vhodnejšiemu dychovému stereotypu.

Meranie rozvíjania hrudníka potvrdilo dosiahnutie hlavného cieľa u pacientky, ktorým bola úprava dychového stereotypu aj pri usilovných manévroch. Pacientka po ukončení programu pripustila mierne zníženie pocitov dýchavičnosti napríklad pri chôdzi do schodov, či dobiehaní autobusu. Do svojho režimu zaradila prechádzky rýchlou chôdzou. Zároveň uviedla pocity „voľnejšieho krku“, spôsobené zrejme opäť odľahčením pomocných nádychových svalov zmenou dychového stereotypu. Dych sa celkovo spomalil a mierne prehýbil. Dychová frekvencia poklesla na 16 dychov za minútu.

## 4 DISKUSIA

Poruchy pľúcnych funkcií, v ktorých svojou prevalenciou dominuje CHOCHP, postihujú významnú časť populácie, a preto je ich liečbe venovaná pozornosť odbornej verejnosti (Smolíková & Máček, 2013). Odporúčaná postup liečby ochorenia respiračného systému zahŕňa pľúcnu rehabilitáciu, ktorej dôležitou súčasťou je tréning nádychových a výdychových svalov (ACCP/AACVPR, 1997; Nici et al., 2006b; Spruit et al., 2013b).

Pred zahájením tréningu dýchacích svalov je nutné zhodnotiť a objektivizovať pacientov stav vykonaním vstupného vyšetrenia, v rámci ktorého prebehne aj testovanie dýchacích svalov.

Najjednoduchšie hodnotenie funkcie dýchacích svalov je prostredníctvom neinvazívneho merania oklúzných tlakov MIP a MEP. V prospech častého využívania parametra MIP hovorí aj fakt, že zlepšenie jeho hodnôt, respektíve zvýšenie sily inspiračných svalov, je spojené so znížením dýchavičnosti u pacientov s CHOCHP (Harver, 1989; Lisboa et al., 1994). Pravidelné monitorovanie MIP tiež poskytuje istotu, že pacienti dodržiavajú predpísaný tréningový režim, a zároveň je podkladom pre opätovné stanovenie tréningovej záťaže. V ideálnom prípade by sa kontrolné meranie malo vykonávať raz za týždeň (Crisafulli et al., 2007).

Hodnoty MIP a MEP sa môžu líšiť podľa použitého vybavenia (náustku) pri meraní. V prípade použitia flexibilného zobcového náustku (flanged mouthpiece) sú výsledné hodnoty nepatrne nižšie, v porovnaní s náustkom s gumovou trubicou priloženou k perám (Black & Hyatt, 1969; Koulouris et al., 1988).

Rozpätie normálnych hodnôt MIP a MEP u zdravých jedincov je pomerne široké a hodnoty závisia od pohlavia, veku a výšky (Black & Hyatt, 1969; Cook et al., 1964; Enright et al., 1993, 1994; Gaultier & Zinman, 1983; Koulouris et al., 1988; McElvaney et al., 1989; Wagener et al., 1984; Wilson et al., 1984). Ako prvý normu pre zdravých dospelých stanovil svojim meraním Cook et al. (1964), ktorého o 2 roky neskôr nasledoval Ringqvist (1966). Ich výsledky pomeru maximálnych tlakov u mužov a žien (Obrázok 14) potvrdili Black a Hyatt

(1969).

NORMAL VALUES FOR MAXIMAL RESPIRATORY PRESSURES

Pressure	Sex	Pressure* (cm H <sub>2</sub> O)				
		Age (yr)				
		20-54	55-59	60-64	65-69	70-74
P <sub>I</sub> max	Male	124 ± 44	103 ± 32	103 ± 32	103 ± 32	103 ± 32
	Female	87 ± 32	77 ± 26	73 ± 26	70 ± 26	65 ± 26
P <sub>E</sub> max	Male	233 ± 84	218 ± 74	209 ± 74	197 ± 74	185 ± 74
	Female	152 ± 54	145 ± 40	140 ± 40	135 ± 40	128 ± 40

\* Numbers represent mean ± 2 SD or regression line ± 2<sub>sy</sub>·x.

Obrázok 14. Normy P<sub>I</sub> max (MIP) a P<sub>E</sub> max (MEP) pre zdravých mužov a ženy (Black & Hyatt, 1969)

Wilson et al. (1984) vo svojej práci namerál u zdravých žien a mužov hodnoty nižšie ako Black & Hyatt (1971). Porovnali tiež výsledky meraní maximálnych statických ústnych tlakov viacerých autorov (Obrázok 15) a potvrdili u mužov schopnosť generovať vyšší MIP aj MEP. Ženy boli schopné vytvoriť tlak na úrovni 60 % maximálnej hodnoty MEP a 69 % maximálnej hodnoty MIP nameranej u mužov. U testovaných žien sa zároveň potvrdila korelácia oboch hodnôt s výškou, zatiaľ čo u mužov hodnoty signifikantne korelujú s vekom (Wilson et al., 1984). Tento fakt zrejme súvisí s úbytkom svalovej hmoty a sily v štvrtej a piatej dekáde života, zatiaľ čo u žien sila nie je vekom ovplyvnená tak výrazne (Black & Hyatt, 1971; Wilson et al.,

n	Mean age (y)		P <sub>E</sub> max Mean (SD) (cm H <sub>2</sub> O)	P <sub>I</sub> max	Source
	Mean	Range			
MEN					
100		18-83	237 (46)	130 (32)	Ringqvist <sup>1</sup> Black and Hyatt <sup>2</sup> Present series
60		20-54	233 (42)	124 (22)	
48	34.7	19-65	148 (34)	106 (31)	
WOMEN					
100		18-83	165 (30)	98 (25)	Ringqvist <sup>1</sup> Black and Hyatt <sup>2</sup> Present series
60		20-54	152 (27)	87 (16)	
87	36.8	18-65	93 (17)	72.9 (22)	
BOYS					
66		6-14	70-201*	20-123*	Inkley et al <sup>6</sup> Cerretelli et al <sup>7</sup> Present series
20	12	12†	96.3 (23.3)	76.5 (17.4)	
137	11.1	7-17	95.7 (23)	75.4 (23)	
GIRLS					
20	12	12†	88.0 (16)	66.5 (19.6)	Cerretelli et al <sup>7</sup> Present series
98	11.6	7-17	80.3 (21)	63.1 (21)	

\*No mean data given in paper.

†All children studied aged 12 years.

1984).

Obrázok 15. Porovnanie nameraných hodnôt P<sub>I</sub>max (MIP) a P<sub>E</sub>max (MEP) zdravých mužov a žien podľa rôznych autorov (Wilson et al., 1984)

Alternatívou k meraniu tlakov v úrovni ústnej dutiny je meranie parametra SNIP. U zdravých jedincov bola pozorovaná vysoká korelácia s hodnotou ezofageálneho tlaku, ale pri obštrukcii nosa, alebo akejkolvek prekážke prúdenia vzduchu v DC sa korelácia znižuje (Fitting, 2006; Stell et al., 2001; Uldry et al., 1997). Výhodou merania je dobrá reprodukovateľnosť

a nižšia náchylnosť na vplyv učenia v porovnaní s meraním ústnych oklúzných tlakov (MIP) (Terzi et al., 2010). Normy SNIP majú tiež menší rozptyl ako normy pre ústne tlaky (Laroche, Mier, et al., 1988; Miller et al., 1985). Medzi hodnotami SNIP a MIP je variabilná zhoda, preto sa odporúča, aby neboli považované za hodnoty zameniteľné, ale skôr vzájomne komplementárne (Fitting, 2006).

Parameter SNIP môže napríklad pri obštrukcii dolných DC u detí s CF vykazovať nápadne nižšie hodnoty (Fauroux et al., 2009). Vtedy je na mieste meranie „vnútorného tlaku“ ezofageálnou sondou počas usilovného manévra. Práve v prípadoch, keď pri posudzovaní sily dýchacích svalov neinvazívne merania nedokážu poskytnúť klinicky relevantné informácie z anatomických, funkčných alebo behaviorálnych príčin, môžu byť prínosné údaje z merania ezofageálneho, alebo gastrického tlaku pomocou balónikových katétrov počas voluntárnych manévrov, akými sú smrkanie, či kašeľ (Laveneziana et al., 2019). Údaje z ezofageálnej sondy pomáhajú vyhnúť sa nedostatočne zhodnotenej sile inspiračných svalov použitím iba parametrov SNIP alebo MIP u pacientov s chronickým respiračným ochorením (Fauroux et al., 2009; Mulvey et al., 1991).

Až na základe výsledkov vyšetrenia dýchacích svalov je pacientovi indikovaný RMT s vhodne zvoleným dychovým trenažérom. Pri voľbe trenažéru sú dôležitými parametrami rozmedzie nastaviteľného odporu a citlivosť nastavenia, kvôli primeranému dávkovaniu záťaže.

Z nádychových trenažérov je v terapii pacientov s chronickým respiračným ochorením jednoznačne najčastejšie používaným Threshold IMT. Dôvodom je práve rozmedzie nastaviteľného odporu a možnosť odstupňovania odporu vhodná aj pre výrazné oslabenie inspiračných svalov časté u pacientov s CHOCHP. Výhodou je aj cenová dostupnosť a pri otočení trenažéru možnosť využiť ho na tréning výdychových svalov. V oboch režimoch je jeho používanie nezávislé na polohe, čo dáva pacientovi aj terapeutovi voľnosť pri voľbe cvičebnej pozície. Z modernejších elektronických trenažérov prevláda používanie pomôcok POWERbreath, hlavne rady K-series. Opäť je výhodou citlivé nastavenie odporu, v tomto prípade už vo väčšom rozmedzí. Motivovať pacienta k cvičeniu bude prívetivý dizajn trenažéru s LCD displejom a možnosť vizuálnej spätnej väzby úsilia vyvíjaného počas cvičenia.

Na tréning expiračných svalov je vo veľkej väčšine dostupných štúdií použitý Threshold PEP, ktorý je opäť na polohe nezávislý, cenovo dostupný a vhodný aj pre pacientov s výrazným oslabením výdychových svalov vďaka veľmi nízkemu rozpätiu nastaviteľného odporu len 5 až 20 cm H<sub>2</sub>O a možnosti zvyšovania odporu po 1 cm H<sub>2</sub>O. Nízka maximálna hodnota nastaviteľného odporu je zároveň limitáciou tohto prístroja (Neves et al., 2014).

Druhým najčastejšie používaným je výdychový trenažér Expiratory muscle strength trainer (EMST) vo verzii EMST 75 light, s odporom v rozmedzí 5-75 cm H<sub>2</sub>O, alebo verzii EMST

150, u ktorého je rozpätie 30-150 cm H<sub>2</sub>O. Odpor v tomto prípade nie je možné regulovať s takou presnosťou ako v prípade Threshold PEP, a tak je táto verzia vhodná skôr pre zdravých jedincov. Rozpätie nastaviteľného odporu by malo pacientovi umožniť trénovať na úrovni, pri ktorej dochádza k progresívnemu preťažovaniu (progressive overload), ale ktoré je pacient zároveň schopný tolerovať. Hladina odporu, pri akej je možné dosiahnuť najlepšie výsledky RMT, je stále diskutovanou témou a predmetom výskumu. Početné dostupné protokoly RMT sa už historicky najčastejšie líšia práve v počiatocnom nastavení odporu. Dnes už je známe, že existuje spojitosť medzi percentuálnym nárastom MIP a relatívnou veľkosťou záťaže v IMT (R. Pardy & Rochester, 1992), čo naznačuje, že čím vyššia je záťaž v pomere k sile inspiračného svalu subjektu, tým väčší by mal byť dosiahnutý prírastok sily. Existujúce údaje uvádzajú, že na dosiahnutie 20 % nárastu MIP je potrebná záťaž  $\geq 30$  % MIP (Lotters et al., 2002). Výsledky úplne prvého IMT protokolu boli nejednoznačné a rozporuplné. Bolo preto potrebné, aby prebiehali ďalšie výskumy, ktoré boli zamerané hlavne na respiračný tréning pacientov s CHOCHP (Pardy et al., 1981). Larson et al. (1988) porovnávali vo svojej práci dva rozdielne protokoly IMT, pričom v jednom bol odpor trenažéru nastavený na 15 % a v druhom na 30 % MIP. Výsledky v tomto prípade ukázali výraznejšie zlepšenie sledovaných parametrov (sila nádychových svalov, vytrvalosť a tolerancia záťaže v dvanásťminútovom chodeckom teste) u pacientov s vyšším nastavením odporu. V roku 2006 prišiel Hill s inováciou v podobe vysoko intenzívneho intervalového tréningu nádychových svalov opäť u pacientov s CHOCHP. Štúdia porovnávala efekt konštantného odporu 10 % MIP s nastavením  $\geq 60\%$  of MIP. Pacienti počas osemtyždňového programu cvičili 3x do týždňa, vždy po 20 minút. U pacientov s vyšším nastaveným odporom došlo k signifikantnému zvýšeniu sily, vytrvalosti, kvality života a k zníženiu dýchavičnosti počas bežných denných činností. Pacienti tiež dobre tolerovali navšňovanie odporu a tento typ tréningu sa tak ukázal byť v tomto prípade efektívnejším, ako respiračný tréning v konštantnej nízkej intenzite (Hill, 2006a). Naopak nedostatočnú účinnosť tréningu pri záťaži  $<30$  % MIP dokumentuje vo svojej práci (Preusser et al., 1994), v ktorej poukazuje na fakt, že MIP sa po 12 týždňoch IMT pri záťaži 22 % MIP výrazne nezlepšil.

V novších štúdiách (Hill, 2006b; Sturdy et al., 2003) skúmali možnosť použitia vysoko intenzívneho, intervalového zaťaženia v rámci IMT. Jednalo sa celkovo o 20 minút striedania cyklov po 2 minútach dýchania pri maximálnej únosnej záťaži, po ktorých nasleduje 1 minúta odpočinku. Zaujímavým poznatkom získaným v systematickom review (SR) z roku 2022 je, že zlepšenie parametrov dýchacích svalov bolo zaznamenané u všetkých pacientov zapojených do výskumu, bez ohľadu na nastavenie odporu v rámci predpísaného rozpätia pre silový tréning respiračných svalov 30-80 % MIP (Mortari & Manzano, 2022).

Aby sme dosiahli požadovaný tréningový efekt, je potrebné zohľadniť frekvenciu, trvanie a intenzitu cvičenia. Pri celkovom hodnotení tréningu dýchacích svalov je však dôležité zohľadniť nie len fyziologické (silu dýchacích svalov a pľúcne funkcie), ale aj klinické účinky (napr. dyspnoe, toleranciu fyzickej záťaže a dokonca aj kvalitu života) (Crisafulli et al., 2007). Pozitívny vplyv posilňovania inspiračných svalov na dýchavičnosť podporujú výskumy nie len na zdravých jedincoch (Volianitis et al., 2001), kde sa účinok IMT premieta do zlepšenia športových výkonov, ale aj u pacientov s chronickým respiračným ochorením. Okrem ďalších početných zdrojov, v prospech využívania RMT hovoria aj dve rozsiahle metaanalýzy (Lotters et al., 2002; Smith et al., 1992), ktoré zhromaždili dostupné údaje z randomizovaných štúdií zameraných na efektivitu IMT u pacientov s CHOCHP. Metaanalýzy poskytujú presvedčivé dôkazy v prospech takéhoto tréningu, ktorý je tiež zaradený v spoločnom vyhlásení výboru American College of Chest Physicians a American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation Committee medzi odporúčané aktivity v programoch pľúcnej rehabilitácie (ACCP/AACVPR, 1997). O niečo novšia štúdia, ktorá hodnotila jednoročné účinky IMT, poskytuje dôkazy, že IMT tiež znižuje mieru využívania zdravotnej starostlivosti, čo sa môže považovať za ekonomický prínos tréningu (Beckerman et al., 2005; Crisafulli et al., 2007). U pacientov s CHOCHP bolo s určitosťou potvrdené zvýšenie svalovej sily (MIP, MEP) a pokles dýchavičnosti vplyvom RMT. Niektoré štúdie poukazujú aj na nárast funkčnej kapacity, efektivity expektorácie a pokles hyperinflácie. Pacienti po absolvovaní programu s RMT zaznamenali tiež celkové zlepšenie kvality života (Mortari & Manzano, 2022b; Neumannová et al., 2017; Weiner et al., 2003a).

Tieto pozitívne účinky sa zatiaľ nepodarilo preukázať u pacientov s CF, IPP, ani AB. Nádejne sa javí efektivita IMT v terapii IPP, kde dostupné štúdie zaznamenali zlepšenie v sledovaných parametroch, ktorými boli sila nádechových svalov (MIP), funkčná kapacita, zmiernenie dyspnoe, kvalita života pacientov (Jastrzebski et al., 2008; Kagaya et al., 2009; Kerti et al., 2020b; O'Connor et al., 2019), avšak zdrojov zaoberajúcich sa touto problematikou je zatiaľ veľmi málo, preto nie je možné efekt tréningu u IPP jednoznačne potvrdiť (Hoffman, 2021).

Naopak zdrojov skúmajúcich vplyv RMT na závažnosť klinických prejavov pacientov s AB je za posledné desaťročie dostatok, jediným potvrdeným účinkom IMT bolo zvýšenie sily inspiračných svalov (Lista-Paz et al., 2023; Silva et al., 2013). U pacientov s AB sa oslabenie dýchacích svalov nevyskytuje tak často, ako u pacientov s CHOCHP. Často sa u nich ale objavuje porucha dychového vzoru spojená s chronickým preťažovaním pomocných dýchacích svalov podobne, ako to bolo u pacienta v prípadovej štúdii v tejto práci. U pacientky sa napriek pomerne výrazne manifestujúcim príznakom aj počas bežných denných činností nepodarilo

svalové oslabenie preukázať. Hlavným cieľom terapie bola korekcia dýchacích pohybov a to najmä pri usilovných manévroch, pri ktorých sa patologické súhyby zvyrazňovali. Po absolvovaní šesťtýždňového programu IMT bol dychový stereotyp značne upravený a došlo k citeľnému zmierneniu príznakov (dýchavičnosti, tolerancie záťaže). Samotná korekcia dychového stereotypu by mohla mať pozitívny vplyv na niektoré parametre. Macêdo et al. (2016) pri dychovom cvičení bez použitia dychových trenažérov u detí s AB zmenou dychového vzoru dosiahli pokles hyperventilácie aj hyperinflácie a následné zníženie dýchavičnosti a bronchokolapsu. Niektoré štúdie zase ukazujú na spontánnu úpravu dychového stereotypu bez nutnosti korekcie, ako vedľajší efekt respiračného tréningu (Charususin et al., 2016; Wanke et al., 1994). Pri korekcii dychového vzoru sa v rámci fyzioterapie v Českej republike zameriavame okrem iného aj na aktiváciu bránice pomocou latero-laterálneho rozvíjania kaudálnych rebier počas nácviku takzvaného „bráničného dýchania“. Bránica je jednou z hlavných častí hlbokého stabilizačného systému chrčtice. K zvýšeniu aktivity tohto systému dochádza v posturálne náročnejších pozíciách, ktoré môžu byť využité aj v rámci RMT. Je vhodné mať na pamäti, že nielen poloha ovplyvňuje pľúcne objemy a funkcie, ale voľbou vhodnej polohy môžeme na úpravu týchto parametrov cielene pôsobiť. Nastavením tela do určitej polohy, odštartujeme automatické reťazenie aktivácie dýchacích svalov prostredníctvom aferentných, propioceptívnych a exteroceptívnych podnetov. Dôležitým faktorom teda je, že každá poloha vyvolá dychovú reakciu (Katz et al., 2018). Voľba optimálnej polohy sa vždy odvíja od dychovej tolerancie polohy pacientom, pričom sa vyhýbame polohám vyvolávajúcim telesný a dychový diskomfort, či dokonca dyspnoe. V akútnom záchvate dychovej tiesne, po kašli alebo po, či pri expektorácii môže pacient vyhľadať individuálne zvolenú odpočinkovú polohu, ktorá mu uľahčí dýchanie, pomôže zmierniť únavu a celkovo ho upokojí (Budiman & Garnewi, 2021; L. P. Mendes et al., 2019).

Štúdie potvrdzujú zlepšenie funkcie pľúc (hlavne zvýšenie FVC), zníženie dýchavičnosti a zvýšenie pohybu bránice pri posturálne stabilizačne vedenom tréningu s aktiváciou HSS u pacientov s CHOCHP (Jung et al., 2021). S cvičením indukovanou zvýšenou aktivitou bránice počas dychového cyklu je podľa starších zdrojov tiež spojené zníženie dávok medikácie, zmiernenie dychových symptómov a dočasný, takmer 300% nárast množstva fyzickej aktivity astmatických pacientov (Girodo et al., 1992). Develi (2021) vo svojej práci preukázal u pacientov s AB dokonca zvýšenie svalovej sily nádychových svalov meraním dychových odporov (MIP), zvýšenie tolerancie záťaže (6MWT), zlepšenie rovnováhy a celkové zvýšenie kvality života (Asthma Quality of Life Questionnaire) po šesťtýždňovom programe tréningu cieleného na aktiváciu HSS. Je preto na mieste, ak to stav pacienta dovoľuje, zvážiť stupňovanie náročnosti tréningu aj postupnou progresiou posturálnej náročnosti cvičenia. Vhodnou voľbou



môže byť aj cvičenie s dychovým trenažérom vo vývojových pozíciách podľa konceptu dynamickej neuromuskulárnej stabilizácie, populárnym v českej fyzioterapii, či na nestabilných plošinách.

## 5 ZÁVERY

Klinické prejavy spojené s chronickými ochoreniami respiračného systému, akými sú najčastejšie dyspnoe, kašeľ, alebo zahlienenie, predstavujú výrazné obmedzenie fungovania v bežnom živote a majú negatívny vplyv na kvalitu života pacientov. Medzi hlavné ciele terapie preto patrí zmiernenie príznakov spolu s minimalizáciou potrebnej medikácie. Práca sumarizuje možnosti terapie ochorení so špeciálnym zameraním na nefarmakologickú liečbu v rámci pľúcnej rehabilitácie a to hlavne na efekt tréningu dýchacích svalov s využitím dychových trenažérov, na túto populáciu pacientov, ako súčasť respiračnej fyzioterapie.

Bez ohľadu na použitý dychový trenažér a voľbu protokolu tréningu respiračných svalov, štúdie skúmané v rámci SR zmienených v tejto práci potvrdzujú zvýšenie sily dýchacích svalov po absolvovaní tréningu na základe sledovaných parametrov MIP a MEP. U pacientov s CHOCHP sa potvrdilo vplyvom RMT okrem zvýšenia sily respiračných svalov tiež zníženie dýchavičnosti, nárast funkčnej kapacity, efektivity expektorácie a pokles hyperinflácie. Pacienti zaznamenali aj celkové zlepšenie kvality života (Mortari & Manzano, 2022b; Neumannová et al., 2017; Weiner et al., 2003a).

U pacientov s AB sa opäť potvrdilo zvýšenie svalovej sily dýchacích svalov vplyvom respiračného tréningu. Korelácia zvýšenia svalovej sily dýchacích svalov a ostatných sledovaných parametrov (dyspnoe, tolerancia záťaže, pľúcne funkcie, počet hospitalizácií, kvalita života) však nebola jednoznačne potvrdená a je potrebný ďalší výskum tejto oblasti (Lista-Paz et al., 2023).

Pacienti s CF nezaznamenali žiadnu zmenu v stupni dyspnoe, či zlepšenie kvality života spojené so zvýšením MIP po skončení programu (De Jong et al., 2001; Enright et al., 2004).

V prípade IPP existuje len málo štúdií potvrdzujúcich pozitívny vplyv respiračného tréningu nádychových svalov. Avšak v tejto malej vzorke sa javí byť IMT efektívnou voľbou ovplyvnenia sily dýchacích svalov, funkčnej kapacity, dyspnoe, ako aj kvality života pacientov. Na potvrdenie efektu samotného IMT, či kombináciou s pľúcnou rehabilitáciou sú potrebné ďalšie výskumy s vyšším počtom subjektov a kvalitnou metodikou práce (Hoffman, 2021).

Z množstva štúdií skúmajúcich efekt respiračného tréningu s využitím dychových trenažérov u pacientov s chronickým respiračným ochorením je zrejmé, že tréningom je možné účinne posilňovať inšpiračné aj expiračné svaly. Existuje dostatok zdrojov potvrdzujúcich pozitívny vplyv tréningu na celkový stav pacientov s CHOCHP, zatiaľ čo u ostatných zmienených ochorení (AB, CF, IPP) je žiaduce prehĺbiť výskum tejto problematiky pre upresnenie výsledkov a potvrdenie, či vyvrátenie efektu tréningu, vzhľadom na nejednoznačné výsledky dostupných štúdií.

## 6 SÚHRN

Postihnutie respiračného systému spôsobené chronickým respiračným ochorením môže mať mnohé pľúcne aj mimopľúcne prejavy. Jedným z najčastejších príznakov je dýchavičnosť, ktorá sa rapídne zhoršuje s oslabením dýchacích svalov. Faktorov, ktoré majú vplyv na svalové oslabenie je mnoho a respiračné ochorenia so svojimi dôsledkami je jedným z nich. Pri včasnej diagnostike ochorenia dokážeme ale dokážeme mnohým komplikáciám predísť. Táto práca sa zaoberala vplyvom respiračného tréningu s využitím dychových trenažérov na silu dýchacích svalov u pacientov s najčastejšími chronickými respiračnými ochoreniami.

Keďže je sila dýchacích svalov hlavným indikátorom ich funkčného stavu, je jej vyšetrenie dôležitou súčasťou hodnotenia stavu pacienta a štádia ochorenia. V teoretickej časti sú priblížené jednotlivé možnosti diagnostiky oslabenia respiračných svalov vrátane výhod a nevýhod jednotlivých metód. V praxi sa na hodnotenie funkcie respiračných svalov používa najčastejšie neinvazívne meranie maximálnych statických tlakov, v úrovni ústnej dutiny a nosa (MIP a MEP). Tieto tlaky zodpovedajú najväčšej sile, akú sú inspiračné a expiračné svaly schopné vygenerovať svojou kontrakciou pri maximálnom voluntárnom inspiriiu a expiriiu, ktorému predchádzal maximálny výdych, alebo nádych. Pri poklese tejto hodnoty pod 8 kPa sa s určitosťou jedná o svalové oslabenie a je vhodné zaradiť tréning respiračných svalov s využitím dychových trenažérov.

Mnohé štúdie už potvrdili efekt RMT na zlepšenie hodnôt MIP aj MEP a tiež na zmiernenie príznakov chronických respiračných ochorení a zníženie množstva nutnej medicíny. Existuje však veľké množstvo rôznych protokolov s rôznym nastavením odporu trenažéru a jeho navyšovaním v priebehu programu, rôznou frekvenciou cvičenia a počtom opakovaní v rámci cvičebnej jednotky. Všetky tieto variabilné parametre je možné využiť k čo najlepšiemu zacieleniu terapie individuálne u každého pacienta, v závislosti na výsledku, ktorý sa snažíme dosiahnuť. Jednotné štandardizované protokoly sú vhodné hlavne pre výskum v rámci odborných publikácií, kvôli ich vyhodnoteniu. V praxi sa ukazuje, že nezávisle na veľkosti nastaveného odporu došlo u pacientov s CHOCHP vplyvom tréningu nádychových svalov k väčšiemu či menšiemu zlepšeniu v sledovaných parametroch, ktorými boli funkčná kapacita a dyspnoe. Na posúdenie efektivity rôznych tréningových protokolov, ako aj vhodnosti využitia respiračného tréningu v terapii niektorých ochorení (AB, CF, IPP) je potrebné, aby v budúcnosti vznikli ďalšie štúdie s týmto zameraním.

Napriek zistenému zlepšeniu stavu pacientov nezávisle na veľkosti nastaveného odporu je jeho vhodné nastavenie dôležitým aspektom terapie. Dôvodom je fakt, že pri primeranom nastavení odporu tak, aby dochádzalo k progresívnemu preťaženiu dýchacích svalov, ale

pacient zároveň záťaž toleroval, dochádza k funkčnej a štruktúrálnej adaptácii svalov so súčasným udržaním motivácie a adhérencie pacienta k terapii. Od veľkosti nastaviteľného odporu sa odvíja tiež voľba dychového trenažéra. U pacientov s výrazným oslabením respiračných svalov, je potrebné voliť trenažér, ktorý má možnosť čo najnižšej počiatkovej hodnoty odporu a taktiež možnosť citlivého navyšovania záťaže. Ďalším dôležitým faktorom pri voľbe trenažéru je cenová dostupnosť a v neposlednom rade užívateľská prívetivosť. Spätná väzba zobrazujúca priebeh, alebo výsledky tréningu v reálnom čase na displeji, či vo forme aplikácie v telefóne udržuje pacienta motivovaného dosahovaním čiastkových cieľov.

Pre zachovanie dosiahnutých výsledkov je po absolvovaní tréningového rehabilitačného programu odporúčané plynule nadviazať udržiavacím programom, ktorý zahŕňa cvičenie s trenažérom 2-3x do týždňa.

## 7 SUMMARY

Respiratory system impairment caused by chronic respiratory disease can present with many pulmonary and extrapulmonary manifestations. One of the most common symptoms is dyspnea, which rapidly worsens with respiratory muscle weakness. There are many factors influencing muscle weakness, and respiratory diseases with their consequences are one of them. However, by early diagnosis of the disease we can help prevent many complications. This study focused on the effect of respiratory muscle training using breathing devices on the strength of respiratory muscles in patients with the most common chronic respiratory diseases.

Since the strength of respiratory muscles is a major indicator of their functional status, its assessment is an important part of evaluating the patient's condition and disease stage. The theoretical part presents various diagnostic options for assessing respiratory muscle weakness, including the advantages and disadvantages of each method. In common practice, the most common method for assessing respiratory muscle function is non-invasive measurement of maximal static pressures at the mouth and nose level (MIP and MEP). These pressures are equivalent to the maximum force that inspiratory and expiratory muscles are able to generate through their contraction during maximal voluntary inspiration and expiration followed by maximal exhalation or inhalation. A value below 8 kPa indicates muscle weakness, and respiratory muscle training using breathing trainers is recommended.

Many studies have already confirmed the effect of respiratory muscle training on improving both MIP and MEP values, as well as reducing symptoms of chronic respiratory diseases and the amount of medication needed. However, there are various protocols with different resistance settings and progression during the program, different exercise frequencies, and numbers of repetitions within each exercise session. All these variable parameters can be used to target therapy as effectively as possible for each patient, depending on the desired outcome. Standardized protocols are mainly suitable for research purposes due to their evaluation and validation. Nevertheless, in practice, regardless of the resistance setting, patients with COPD experienced greater or lesser improvements in functional capacity and dyspnea due to inspiratory muscle training. Further studies focusing on the effectiveness of different training protocols and the suitability of respiratory training in the therapy of certain diseases (e.g., bronchial asthma, cystic fibrosis, interstitial lung diseases) are needed in the future.

Despite the observed improvement in patients' condition regardless of the resistance setting, appropriate resistance setting is an important aspect of therapy. This is because

setting the resistance appropriately to induce progressive overload of respiratory muscles while tolerating the load helps achieve functional and structural muscle adaptation while maintaining patient motivation and adherence to therapy. The adjustable resistance also determines the choice of respiratory device. For patients with significant respiratory muscle weakness, a device that has the possibility of the lowest possible initial resistance value and also the possibility of sensitively increasing the load is necessary. Another important factor in choosing a trainer is its affordability and, last but not least, user-friendliness. Real-time feedback displayed on a screen or through a mobile application helps keep the patient motivated by achieving partial goals.

To maintain the achieved results, it is recommended to smoothly transition to a maintenance program after completing the training rehabilitation program, which includes exercising with the respiratory device 2-3 times a week.

## 8 REFERENČNÝ ZOZNAM

- ACCP/AACVPR. (1997). Pulmonary rehabilitation: joint ACCP/AACVPR evidence-based guidelines: ACCP/AACVPR pulmonary rehabilitation guidelines panel. *Chest*, *112*(5), 1363–1396.
- Agostoni, E., & Rahn, H. (1960). Abdominal and thoracic pressures at different lung volumes. *Journal of Applied Physiology*, *15*(6), 1087–1092. <https://doi.org/10.1152/jappl.1960.15.6.1087>
- Agusti, A. (2014). The path to personalised medicine in COPD. *Thorax*, *69*(9), 857–864. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2014-205507>
- Agusti, A., Sobradillo, P., & Celli, B. (2011). Addressing the complexity of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *183*(9), 1129–1137. <https://doi.org/10.1164/rccm.201009-1414PP>
- AiroFit Active Basic (n.d.). Retrieved from <https://www.svetfyzioterapie.cz/sfshop/airofit-basic-701271>
- Aldrich, T. K., Arora, N. S., & Rochester, D. F. (1982). The influence of airway obstruction and respiratory muscle strength on maximal voluntary ventilation in lung disease. *The American Review of Respiratory Disease*, *126*(2), 195–199. <https://doi.org/10.1164/arrd.1982.126.2.195>
- Allen, S. M., Hunt, B., & Green, M. (1985). Fall in vital capacity with posture. *British Journal of Diseases of the Chest*, *79*(3), 267–71.
- Alzahrani, Y. A., & Becker, E. A. (2016). Asthma control assessment tools. *Respiratory Care*, *61*(1), 106–116. <https://doi.org/10.4187/respcare.04341>
- App, E. M., Kieselmann, R., Reinhardt, D., Lindemann, H., Dasgupta, B., King, M., & Brand, P. (1998). Sputum rheology changes in cystic fibrosis lung disease following two different types of physiotherapy. *Chest*, *114*(1), 171–177. <https://doi.org/10.1378/chest.114.1.171>
- Arnold, R. J., & Bausek, N. (2020). Effect of respiratory muscle training on dysphagia in stroke patients: A retrospective pilot study. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, *5*(6), 1050–1055. <https://doi.org/10.1002/lio2.483>
- ATS/ERS. (2002). Statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *166*(4), 518–624. <https://doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>

- Attinger, E. O., Monroe, R. G., & Segal, M. S. (1956). The mechanics of breathing in different body positions in normal subjects. *Journal of Clinical Investigation*, 35(8), 904–911. <https://doi.org/10.1172/JCI103343>
- Avdeev, S. N. (2008). Assessment of respiratory muscle strength in clinical practice. *Practical Pulmonology*, 4, 2–17.
- Bai, T. R., & Knight, D. A. (2005). Structural changes in the airways in asthma: Observations and consequences. *Clinical Science*, 108(6), 463–477. <https://doi.org/10.1042/CS20040342>
- Baldi, B. G., Pereira, C. A. de C., Rubin, A. S., Santana, A. N. da C., Costa, A. N., Carvalho, C. R. R., Algranti, E., Capitani, E. M. de, Bethlem, E. P., Coletta, E. N. A. M., Arakaki, J. S. O., Martinez, J. A. B., Carvalho, J. F. de, Steidle, L. J. M., Rocha, M. J. J., Lima, M. S., Soares, M. R., Caramori, M. L., Aidé, M. A., ... Pimenta, S. P. (2012). Respiratory muscles in interstitial lung disease: Poorly explored and poorly understood. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 38(3), 282–291. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132012000300002>
- Barkova, A. V., Trofimov, V. I., Lapin, S. V., Surkova, E. A., Tkachenko, O. Yu., Budkova, A. I., & Nazarov, V. D. (2016). Parameters of activity of local and systemic inflammation in patients with bronchial asthma women without exacerbation of the disease. *The Scientific Notes of the I. P. Pavlov St. Petersburg State Medical University*, 23(3), 47–51. <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2016-23-3-47-51>
- Barreiro, E., & Gea, J. (2015). Respiratory and limb muscle dysfunction in COPD. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 12(4), 413–426. <https://doi.org/10.3109/15412555.2014.974737>
- Barrow, A., & Pandit, J. J. (2014). Lung ventilation and the physiology of breathing. *Surgery*, 32(5), 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2014.02.010>
- Bates, J. H. T., & Suki, B. (2008). Assessment of peripheral lung mechanics. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 163(1–3), 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2008.03.012>
- Battaglia, E., Fulgenzi, A., & Ferrero, M. E. (2009). Rationale of the combined use of inspiratory and expiratory devices in improving maximal inspiratory pressure and maximal expiratory pressure of patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(6), 913–918. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.12.019>
- Bauldoff, G. (2011). Guidelines for AACVPR Guidelines for Pulmonary Rehabilitation Programs (4 th Edition).



- Bauldoff, G., & Carlin, B. W. (2019). AACVPR Guidelines for Pulmonary Rehabilitation Programs (4 th Edition).
- Beauchamp, M. K., Hill, K., Goldstein, R. S., Janaudis-Ferreira, T., & Brooks, D. (2009). Impairments in balance discriminate fallers from non-fallers in COPD. *Respiratory Medicine*, *103*(12), 1885–1891. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2009.06.008>
- Beaumont, M., Forget, P., Couturaud, F., & Reyckler, G. (2018). Effects of inspiratory muscle training in COPD patients: A systematic review and meta-analysis. *The Clinical Respiratory Journal*, *12*(7), 2178–2188. <https://doi.org/10.1111/crj.12905>
- Beckerman, M., Magadle, R., Weiner, M., & Weiner, P. (2005). The effects of 1 year of specific inspiratory muscle training in patients with COPD. *Chest*, *128*(5), 3177–3182. <https://doi.org/10.1378/chest.128.5.3177>
- Belli, S., Prince, I., Savio, G., Paracchini, E., Cattaneo, D., Bianchi, M., Masocco, F., Bellanti, M. T., & Balbi, B. (2021). Airway clearance techniques: The right choice for the right patient. *Frontiers in Medicine*, *8*. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.544826>
- Bhatt, S. P., Luqman-Arafath, T. K., Gupta, A. K., Mohan, A., Stoltzfus, J. C., Dey, T., Nanda, S., & Guleria, R. (2013). Volitional pursed lips breathing in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease improves exercise capacity. *Chronic Respiratory Disease*, *10*(1), 5–10. <https://doi.org/10.1177/1479972312464244>
- Black, L. F., & Hyatt, R. E. (1969). Maximal respiratory pressures: Normal values and relationship to age and sex. *The American Review of Respiratory Disease*, *99*(5), 696–702. <https://doi.org/10.1164/arrd.1969.99.5.696>
- Black, L. F., & Hyatt, R. E. (1971). Maximal static respiratory pressures in generalized neuromuscular disease. *The American Review of Respiratory Disease*, *103*(5), 641–650.
- Blackstock, F. C., & Evans, R. A. (2019). Rehabilitation in lung diseases: Education component of pulmonary rehabilitation. *Respirology*, *24*(9), 863–870. <https://doi.org/10.1111/resp.13582>
- Blackstock, F. C., Lareau, S. C., Nici, L., ZuWallack, R., Bourbeau, J., Buckley, M., Durning, S. J., Effing, T. W., Egbert, E., Goldstein, R. S., Kelly, W., Lee, A., Meek, P. M., & Singh, S. (2018). Chronic Obstructive Pulmonary Disease education in pulmonary rehabilitation. An official American Thoracic Society/Thoracic Society of Australia and New Zealand/Canadian Thoracic Society/British Thoracic Society Workshop Report. *Annals of the American Thoracic Society*, *15*(7), 769–784. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201804-253WS>

- Bodine, S. C., & Furlow, J. D. (2015). Glucocorticoids and skeletal Muscle (pp. 145–176). In Harris, Ch., & Wang, J. (2015). *Glucocorticoid signaling*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2895-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2895-8_7)
- Bolton, C. E., Bevan-Smith, E. F., Blakey, J. D., Crowe, P., Elkin, S. L., Garrod, R., Greening, N. J., Heslop, K., Hull, J. H., Man, W. D.-C., Morgan, M. D., Proud, D., Roberts, C. M., Sewell, L., Singh, S. J., Walker, P. P., & Walmsley, S. (2013). British Thoracic Society guideline on pulmonary rehabilitation in adults: accredited by NICE. *Thorax*, *68*(2), 1–30. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2013-203808>
- Borge, C. R., Hagen, K. B., Mengshoel, A. M., Omenaas, E., Moum, T., & Wahl, A. K. (2014). Effects of controlled breathing exercises and respiratory muscle training in people with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Results from evaluating the quality of evidence in systematic reviews. *BMC Pulmonary Medicine*, *14*(1), 184. <https://doi.org/10.1186/1471-2466-14-184>
- Borge, C. R., Wahl, A. K., & Moum, T. (2010). Association of breathlessness with multiple symptoms in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Advanced Nursing*, *66*(12), 2688–2700. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2010.05447.x>
- Brinkman, J. E., Toro, F., & Sharma, S. (2022). *Physiology, respiratory drive*. StatPearls Publishing.
- Brinkman, J. E., Toro, F., & Sharma, S. (2023). Respiratory drive. In *Physiology*. StatPearls Publishing.
- Budiman, B., & Garnewi, S. (2021). Effects of diaphragmatic breathing exercise on the degree of breathlessness in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Iranian Rehabilitation Journal*, *19*(1), 69–74. <https://doi.org/10.32598/irj.19.1.1094.1>
- Burgel, P.-R., Bourdin, A., Chanez, P., Chabot, F., Chaouat, A., Chinet, T., de Blic, J., Devillier, P., Deschildre, A., Didier, A., Garcia, G., Jebrak, G., Laurent, F., Morel, H., Perez, T., Pilette, C., Roche, N., Tillie-Leblond, I., Verbanck, S., & Dusser, D. (2011). Update on the roles of distal airways in COPD. *European Respiratory Review*, *20*(119), 007–022. <https://doi.org/10.1183/09059180.10010610>
- Cardoso, J., Coelho, R., Rocha, C., Coelho, C., Semedo, L., & Almeida, A. B. (2018). Prediction of severe exacerbations and mortality in COPD: The role of exacerbation history and inspiratory capacity/total lung capacity ratio. *International Journal of COPD*, *13*, 1105–1113. <https://doi.org/10.2147/COPD.S155848>

- Carson, K. V, Chandratilleke, M. G., Picot, J., Brinn, M. P., Esterman, A. J., & Smith, B. J. (2013). Physical training for asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001116.pub4>
- Casaburi, R., Porszasz, J., Burns, M. R., Carithers, E. R., Chang, R. S. Y., & Cooper, C. B. (1997). Physiologic benefits of exercise training in rehabilitation of patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *155*, 1541–1551.
- Chaitow, L. (2002). Osteopathic assessment and treatment of thoracic and respiratory dysfunction. In L. Chaitow, D. Bradley, & C. Gilbert (Eds.), *Multidisciplinary approaches to breathing pattern disorders*. Churchill Livingstone.
- Charususin, N., Gosselink, R., Decramer, M., McConnell, A., Saey, D., Maltais, F., Derom, E., Vermeersch, S., van Helvoort, H., Heijdra, Y., Klaassen, M., Glöckl, R., Kenn, K., & Langer, D. (2013). Inspiratory muscle training protocol for patients with chronic obstructive pulmonary disease (IMTCO study): a multicentre randomised controlled trial. *BMJ journal*, *3(8)*, e003101. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-003101>
- Charususin, N., Gosselink, R., McConnell, A., Demeyer, H., Topalovic, M., Decramer, M., & Langer, D. (2016). Inspiratory muscle training improves breathing pattern during exercise in COPD patients. *European Respiratory Journal*, *47(4)*, 1261–1264. <https://doi.org/10.1183/13993003.01574-2015>
- Chen, H., Dukes, R., & Martin, B. J. (1985). Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *The American Review of Respiratory Disease*, *131(2)*, 251–255. <https://doi.org/10.1164/arrd.1985.131.2.251>
- Chen, Q., Shen, Y., & Zheng, J. (2021). A review of cystic fibrosis: Basic and clinical aspects. *Animal Models and Experimental Medicine*, *4(3)*, 220–232. <https://doi.org/10.1002/ame2.12180>
- Chevallier, J. (2002). *Physiotherapy for People with Cystic Fibrosis: from Infant to Adult*.
- Chlumský, J. (2014). *Plicní funkce pro klinickou praxi (1.)*. Maxdorf s.r.o.
- Chlumský, J., Fišerová, J., & Kociánová, J. (2016). Doporučený postup pro interpretaci základních vyšetření plicních funkcí.
- Chuang, H., Chang, H., Fang, Y., & Guo, S. (2017). The effects of threshold inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A randomised experimental study. *Journal of Clinical Nursing*, *26(23–24)*, 4830–4838. <https://doi.org/10.1111/jocn.13841>

- Chung, K. F., & Adcock, I. M. (2008). Multifaceted mechanisms in COPD: inflammation, immunity, and tissue repair and destruction. *European Respiratory Journal*, *31*(6), 1334–1356. <https://doi.org/10.1183/09031936.00018908>
- Čihák, R. (2002). *Anatomie 2* (2.). Grada Publishing.
- Clanton, T. L., & Levine, S. (2009). The respiratory muscles in chronic obstructive pulmonary disease respiratory muscle fiber remodeling in chronic hyperinflation: Dysfunction or adaptation? *Journal of Applied Physiology*, *107*, 324–335. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00173.2009>.-The
- Cloutier, M. (2018). *Respiratory Physiology* (2.). Elsevier.
- Coates, A. L., Canny, G., Zinman, R., Grisdale, R., Desmond, K., Roumeliotis, D., & Levison, H. (1988). The Effects of Chronic Airflow Limitation, Increased Dead Space, and the Pattern of Ventilation on Gas Exchange during Maximal Exercise in Advanced Cystic Fibrosis. *American Review of Respiratory Disease*, *138*(6), 1524–1531. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/138.6.1524>
- Cook, C. D., Mead, J., & Orzalesi, M. M. (1964). Static volume-pressure characteristics of the respiratory system during maximal efforts. *Journal of Applied Physiology*, *19*(5), 1016–1021. <https://doi.org/10.1152/jappl.1964.19.5.1016>
- Corlateanu, A., Covantev, S., Mathioudakis, A. G., Botnaru, V., & Siafakas, N. (2016). Prevalence and burden of comorbidities in chronic obstructive pulmonary disease. *Respiratory Investigation*, *54*(6), 387–396. <https://doi.org/10.1016/j.resinv.2016.07.001>
- Cox, I., Osman, R., Hughes, D., & Empey, D. (1983). The abdominal electromyogram as an objective measure of cough intensity. *Thorax*, *38*(222), 524–531.
- Crisafulli, E., Costi, S., Fabbri, L. M., & Clini, E. M. (2007). Respiratory muscles training in COPD patients. *International Journal of COPD*, *2*(1), 19–25. <https://doi.org/10.2147/copd.2007.2.1.19>
- Cutrim, A. L. C., Duarte, A. A. M., Silva-Filho, A. C., Dias, C. J., Urtado, C. B., Ribeiro, R. M., Rigatto, K., Rodrigues, B., Dibai-Filho, A. V., & Mostarda, C. T. (2019). Inspiratory muscle training improves autonomic modulation and exercise tolerance in chronic obstructive pulmonary disease subjects: A randomized-controlled trial. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, *263*, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2019.03.003>
- De Jong, W., Van Aalderen, W. M. C., Kraan, J., Koeter, G. H., & Van Der Schans, C. P. (2001). Inspiratory muscle training in patients with cystic fibrosis. *Respiratory Medicine*, *95*(1), 31–36. <https://doi.org/10.1053/rmed.2000.0966>

- De Troyer, A., & Estenne, M. (1981). Limitations of measurement of transdiaphragmatic pressure in detecting diaphragmatic weakness. *Thorax*, 36(3), 169–174. <https://doi.org/10.1136/thx.36.3.169>
- De Troyer, A., Legrand, A., Gevenois, P., & Wilson, T. A. (1998). Mechanical advantage of the human parasternal intercostal and triangularis sterni muscles. *The Journal of Physiology*, 513(3), 915–925. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1998.915ba.x>
- De Troyer, A., & Sampson, M. G. (1982). Activation of the parasternal intercostals during breathing efforts in human subjects. *Journal of Applied Physiology*, 52(3), 524–529. <https://doi.org/10.1152/jappl.1982.52.3.524>
- De Vries, J., & Drent, M. (2008). Quality of Life and Health Status in Sarcoidosis: A Review of the Literature. *Clinics in Chest Medicine*, 29(3), 525–532. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2008.03.003>
- Decramer, M., Lacquet, L. M., Fagard, R., & Rogiers, P. (1994). Corticosteroids contribute to muscle weakness in chronic airflow obstruction. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 150(1), 11–16. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.150.1.8025735>
- Decramer, M., Rennard, S., Troosters, T., Mapel, D. W., Giardino, N., Mannino, D., Wouters, E., Sethi, S., & Cooper, C. B. (2008). COPD as a lung disease with Systemic Consequences: Clinical impact, mechanisms, and potential for early intervention. *COPD Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 5(4), 235–256. <https://doi.org/10.1080/15412550802237531>
- Develi, E., Subasi, F., Aslan, G. K., & Bingol, Z. (2021). The effects of core stabilization training on dynamic balance and pulmonary parameters in patients with asthma. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 34(4), 639–648. <https://doi.org/10.3233/BMR-191803>
- Doucet, M. (2004). Adaptation of the diaphragm and the vastus lateralis in mild-to-moderate COPD. *European Respiratory Journal*, 24(6), 971–979. <https://doi.org/10.1183/09031936.04.00020204>
- Duruturk, N., Acar, M., & Dođrul, M. I. (2018). Effect of Inspiratory Muscle Training in the Management of Patients with Asthma: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 38(3), 198–203. <https://doi.org/10.1097/HCR.0000000000000318>
- Dvořák, R. (1996). *Základy kinezioterapie* (1.). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Dylevský, I. (2009). *Speciální kineziologie* (1.). Grada.

- Elborn, J. S. (2016). Cystic fibrosis. *The Lancet Respiratory Medicine*, 388(10059), 2519–2531. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)00576-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00576-6)
- Emtner, M., & Hedin, A. (2005). Adherence to and effects of physical activity on health in adults with asthma. *Advances in Physiotherapy*, 7(3), 123–134. <https://doi.org/10.1080/14038190500199381>
- Enright, P. L., Kronmal, R. A., Higgins, M., Schenker, M., & Haponik, E. F. (1993). Spirometry reference values for women and men 65 to 85 years of age: Cardiovascular health study. *American Review of Respiratory Disease*, 147(1), 125–133. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/147.1.125>
- Enright, P. L., Kronmal, R. A., Manolio, T. A., Schenker, M. B., & Hyatt, R. E. (1994). Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 149(2), 430–438. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.149.2.8306041>
- Enright, S. (2008). Inspiratory muscle training. In J. Pryor & S. Prasad (Eds.), *Physiotherapy for respiratory and cardiac problems* (pp. 179–180). Churchill Livingstone.
- Enright, S., Chatham, K., Ionescu, A. A., Unnithan, V. B., & Shale, D. J. (2004). Inspiratory muscle training improves lung function and exercise capacity in adults with Cystic Fibrosis. *Chest*, 126(2), 405–411. <https://doi.org/10.1378/chest.126.2.405>
- Estenne, M., Heilporn, A., Delhez, L., Yernault, J. C., & De Troyer, A. (1983). Chest wall stiffness in patients with chronic respiratory muscle weakness. *The American Review of Respiratory Disease*, 128(6), 1002–1007. <https://doi.org/10.1164/arrd.1983.128.6.1002>
- Evans, J. A., & Whitelaw, W. A. (2009). The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respiratory Care*, 54(10), 1348–1359.
- Evans, S. A., Watson, L., Cowley, A. J., Johnston, I. D., & Kinnear, W. J. (1993). Normal range for transdiaphragmatic pressures during sniffs with catheter mounted transducers. *Thorax*, 48(7), 750–753. <https://doi.org/10.1136/thx.48.7.750>
- Faisal, A., Alghamdi, B. J., Ciavaglia, C. E., Elbehairy, A. F., Webb, K. A., Ora, J., Neder, J. A., & O'Donnell, D. E. (2016). Common Mechanisms of Dyspnea in Chronic interstitial and obstructive lung disorders. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 193(3), 299–309. <https://doi.org/10.1164/rccm.201504-0841OC>
- Farkas, G. A., & Roussos, C. (1984). Histochemical and biochemical correlates of ventilatory muscle fatigue in emphysematous hamsters. *Journal of Clinical Investigation*, 74(4), 1214–1220. <https://doi.org/10.1172/JCI111530>

- Fauroux, B., Aubertin, G., Cohen, E., Clement, A., & Lofaso, F. (2009). Sniff nasal inspiratory pressure in children with muscular, chest wall or lung disease. *European Respiratory Journal*, *33*(1), 113–117. <https://doi.org/10.1183/09031936.00050708>
- Fenn, W. O. (1960). The Mechanism of Breathing. *Scientific American*, *202*(1), 138–148. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0160-138>
- Figueiredo, R. I. N., Azambuja, A. M., Cureau, F. V., & Sbruzzi, G. (2020). Inspiratory muscle training in COPD. *Respiratory Care*, *65*(8), 1189–1201. <https://doi.org/10.4187/respcare.07098>
- Fitting, J.-W. (1999). Diagnosing respiratory muscle weakness. In *Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine* (pp. 287–297). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-13453-5\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-662-13453-5_26)
- Fitting, J.-W. (2006). Sniff nasal inspiratory pressure: simple or too simple? *European Respiratory Journal*, *27*(5), 881–883. <https://doi.org/10.1183/09031936.06.00007906>
- Fixman, E. D., Stewart, A., & Martin, J. G. (2006). Basic mechanisms of development of airway structural changes in asthma. *European Respiratory Journal*, *29*(2), 379–389. <https://doi.org/10.1183/09031936.00053506>
- Fiz, J. A., Montserrat, J. M., Picado, C., Plaza, V., & Agustí-Vidal, A. (1989). How many manoeuvres should be done to measure maximal inspiratory mouth pressure in patients with chronic airflow obstruction?. *Thorax*, *44*(5), 419–421. <https://doi.org/10.1136/thx.44.5.419>
- Fregonezi, G., Araújo, P. R. S., Macêdo, T. L. F., Dourado Junior, M. E., Resqueti, V. R., & Andrade, A. de F. D. de. (2013). Monitoring respiratory muscle strength assists in early diagnosis of respiratory dysfunction as opposed to the isolated use of pulmonary function evaluation in amyotrophic lateral sclerosis. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, *71*(3), 146–152. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2013000300004>
- Frownfelter, D., & Massery, M. (2012). Facilitating ventilation patterns and breathing strategies. In *Cardiovascular and pulmonary physical therapy. Evidence to practice* (pp. 352–376). Mosby.
- Gandevia, S. C., & McKenzie, D. K. (1985). Activation of the human diaphragm during maximal static efforts. *The Journal of Physiology*, *367*(1), 45–56. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1985.sp015813>
- Garagorri-Gutiérrez, D., & Leirós-Rodríguez, R. (2022). Effects of physiotherapy treatment in patients with bronchial asthma: A systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice*, *38*(4), 493–503. <https://doi.org/10.1080/09593985.2020.1772420>

- Gaultier, C., & Zinman, R. (1983). Maximal static pressures in healthy children. *Respiration Physiology*, 51(1), 45–61. [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(83\)90101-9](https://doi.org/10.1016/0034-5687(83)90101-9)
- Geltser, B. I., Kurpatov, I. G., Dej, A. A., & Kozhanov, A. G. (2019). Respiratory muscles dysfunction and respiratory diseases. *Terapevticheskii Arkhiv*, 91(3), 93–100. <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.03.000108>
- Gilbert, R., Peppi, D., & Auchincloss, J. H. (1979). Measurement of transdiaphragmatic pressure with a single gastric-esophageal probe. *Journal of Applied Physiology*, 47(3), 628–630. <https://doi.org/10.1152/jappl.1979.47.3.628>
- Gimeno-Santos, E., Fregonezi, G. A., Torres-Castro, R., Rabinovich, R., & Vilaró, J. (2018). Inspiratory muscle training and exercise versus exercise alone for asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011794.pub2>
- Girodo, M., Ekstrand, K. A., & Metivier, G. J. (1992). Deep diaphragmatic breathing: rehabilitation exercises for the asthmatic patient. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73(8), 717–720.
- Gloeckl, R., Schneeberger, T., Jarosch, I., & Kenn, K. (2018). Pulmonary rehabilitation and exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. *Deutsches Ärzteblatt International*. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0117>
- Göhl, O., Walker, D., Walterspacher, S., Langer, D., Spengler, C., Wanke, T., Petrovic, M., Zwick, R.-H., Stieglitz, S., Glöckl, R., Dellweg, D., & Kabitz, H.-J. (2016). Respiratory muscle training: State of the art. *Pneumologie*, 70(01), 37–48. <https://doi.org/10.1055/s-0041-109312>
- Gosselink, R. (2003). Controlled breathing and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *The Journal of Rehabilitation Research and Development*, 40(5s), 25. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2003.10.0025>
- Gosselink, R., & Dal Corso, S. (2012). Respiratory muscle training. In D. Frownfelter & E. Dean (Eds.), *Cardiovascular and pulmonary physical therapy: evidence to practice* (pp. 419–430). Elsevier Mosby.
- Gosselink, R., De Vos, J., van den Heuvel, S. P., Segers, J., Decramer, M., & Kwakkel, G. (2011a). Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? *European Respiratory Journal*, 37(2), 416–425. <https://doi.org/10.1183/09031936.00031810>



- Gosselink, R., Troosters, T., & Decramer, M. (2000). Distribution of muscle weakness in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 20(6), 353–360. <https://doi.org/10.1097/00008483-200011000-00004>
- Gosselink, R., Troosters, T., & Decramer, M. (2008). Measuring ventilatory and respiratory impairment in COPD. In S. Rennard, R. Rodriguez-Roisin, & G. Huchon (Eds.), *Clinical management of COPD* (pp. 119–132). Informa Healthcare.
- Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, M. R., Barjaktarevic, I. Z., Cooper, B. G., Hall, G. L., Hallstrand, T. S., Kaminsky, D. A., McCarthy, K., McCormack, M. C., Oropez, C. E., Rosenfeld, M., Stanojevic, S., Swanney, M. P., & Thompson, B. R. (2019). Standardization of spirometry 2019 update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 200(8), e70–e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
- Gransee, H. M., Mantilla, C. B., & Sieck, G. C. (2015). Respiratory muscle plasticity. In *Comprehensive physiology* (pp. 1441–1462). Wiley. <https://doi.org/10.1002/cphy.c110050>
- Guyenet, P. G., & Bayliss, D. A. (2015). Neural control of breathing and CO<sub>2</sub> homeostasis. *Neuron*, 87(5), 946–961. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.08.001>
- Hart, N., Polkey, M. I., Clément, A., Boulé, M., Moxham, J., Lofaso, F., & Fauroux, B. (2002). Changes in pulmonary mechanics with increasing disease severity in children and young adults with cystic fibrosis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(1), 61–66. <https://doi.org/10.1164/rccm.2112059>
- Harver, A. (1989). Targeted inspiratory muscle training improves respiratory muscle function and reduces dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Annals of Internal Medicine*, 111(2), 117. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-111-2-117>
- Hellebrandová, L., Chlumský, J., Vostatek, P., Novák, D., Rýznarová, Z., & Bunc, V. (2016). Airflow limitation is accompanied by diaphragm dysfunction. *Physiological Research*, 469–479. <https://doi.org/10.33549/physiolres.933064>
- Hellström, K., Vahlberg, B., Urell, C., & Emtner, M. (2009). Fear of falling, fall-related self-efficacy, anxiety and depression in individuals with chronic obstructive pulmonary disease. *Clinical Rehabilitation*, 23(12), 1136–1144. <https://doi.org/10.1177/0269215509342329>

- Héritier, F., Rahm, F., Pasche, P., & Fitting, J. W. (1994). Sniff nasal inspiratory pressure: A noninvasive assessment of inspiratory muscle strength. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *150*(6), 1678–1683. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.150.6.7952632>
- Heydari, A., Farzad, M., & Ahmadi hosseini, S. (2015). Comparing inspiratory resistive muscle training with incentive spirometry on rehabilitation of COPD Patients. *Rehabilitation Nursing*, *40*(4), 243–248. <https://doi.org/10.1002/rnj.136>
- Hill, K. (2006a). High-intensity inspiratory muscle training in COPD. *European Respiratory Journal*, *27*(6), 1119–1128. <https://doi.org/10.1183/09031936.06.00105205>
- Hilton, N., & Solis-Moya, A. (2018). Respiratory muscle training for cystic fibrosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006112.pub4>
- Hind, C. R. , K. (2013). Neurogenic respiratory failure. In *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier
- Hlavné a pomocné respiračné svaly (2015). Retrieved from <https://med-mnemonics.blogspot.com/2014/07/muscles-of-respiration.html>
- Hodder, R. (2005). The role of collaborative self-management education in pulmonary rehabilitation. In C. Donner, N. Ambrossino, & R. Goldstein (Eds.), *Pulmonary rehabilitation* (pp. 205–218). Hodder Arnold.
- Hodgkin, J. , E., Celli, B. , R., & Connors, G. , A. (2009). *Pulmonary rehabilitation: Guidelines to success* (4.). Mosby.
- Hoffman, M. (2021). Inspiratory muscle training in interstitial lung disease: a systematic scoping review. *Jornal Brasileiro de Pneumologia : Publicacao Oficial Da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisologia*, *47*(4), e20210089. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20210089>
- Holland, A. E., Cox, N. S., Houchen-Wolloff, L., Rochester, C. L., Garvey, C., ZuWallack, R., Nici, L., Limberg, T., Lareau, S. C., Yawn, B. P., Galwicki, M., Troosters, T., Steiner, M., Casaburi, R., Clini, E., Goldstein, R. S., & Singh, S. J. (2021). Defining odern Pulmonary ehabilitation. An official American Thoracic Society workshop report. *Annals of the American Thoracic Society*, *18*(5), e12–e29. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202102-146ST>
- Hudák, R., Kachlík, D., & kolektiv. (2018). *Memorix anatomie* (4.). Triton.
- Hyde, D. M., Hamid, Q., & Irvin, C. G. (2009). Anatomy, pathology, and physiology of the tracheobronchial tree: Emphasis on the distal airways. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, *124*(6), S72–S77. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2009.08.048>

- Anonymous. (2000). Idiopathic pulmonary fibrosis: Diagnosis and treatment. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 161(2), 646–664. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.161.2.ats3-00>
- International Physiotherapy Group for Cystic Fibrosis (IPG/CF). (2002). Physiotherapy in the treatment of cystic fibrosis (CF).
- Ioanna, T., Kocks, J., Tzanakis, N., Siafakas, N., & van der Molen, T. (2011). Factors that influence disease-specific quality of life or health status in patients with COPD: A systematic review and meta-analysis of Pearson correlations. *Primary Care Respiratory Journal*, 20(3), 257–268. <https://doi.org/10.4104/pcrj.2011.00029>
- Ionescu, A., Chatham, K., Davies, C., Nixon, L., Enright, S., & Shale, D. (1998). Inspiratory muscle function and body composition in cystic fibrosis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 158(4), 1271–1276. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.158.4.9710079>
- Jastrzebski, D., Kozielski, J., & Zebrowska, A. (2008). Pulmonary rehabilitation in patients with idiopathic pulmonary fibrosis with inspiratory muscle training. *Pneumonologia i Alergologia Polska*, 76(3), 131–141.
- Jay, K., Elizabeth, K., Banner, M. J., & Paul, B. (1994). Evaluation of a fiberoptic system for airway pressure monitoring. *Journal of Clinical Monitoring*, 10(4), 247–250. <https://doi.org/10.1007/BF02899510>
- Jensen, D., Schaeffer, M. R., & Guenette, J. A. (2018). Pathophysiological mechanisms of exertional breathlessness in chronic obstructive pulmonary disease and interstitial lung disease. *Current Opinion in Supportive & Palliative Care*, 12(3), 237–245. <https://doi.org/10.1097/SPC.0000000000000377>
- Jung, G., Park, C., Hwang, J., You, J. (Sung) H., Yi, C., & Choi, W. J. (2021). Effects of core-postural stabilisation on fluoroscopy diaphragmatic measurement and dyspnea in chronic obstructive pulmonary disease: A randomized single-blinded clinical trial. *Technology and Health Care*, 29, 359–366. <https://doi.org/10.3233/THC-218034>
- Kagaya, H., Takahashi, H., Sugawara, K., Kasai, C., Kiyokawa, N., & Shioya, T. (2009). Effective home-based pulmonary rehabilitation in patients with restrictive lung diseases. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 218(3), 215–219. <https://doi.org/10.1620/tjem.218.215>

- Kakavas, S., Kotsiou, O. S., Perlikos, F., Mermiri, M., Mavrovounis, G., Gourgoulialis, K., & Pantazopoulos, I. (2021). Pulmonary function testing in COPD: Looking beyond the curtain of FEV1. *Primary Care Respiratory Journal*, 31(1). <https://doi.org/10.1038/s41533-021-00236-w>
- Kaminska, M., Noel, F., & Petrof, B. J. (2017). Optimal method for assessment of respiratory muscle strength in neuromuscular disorders using sniff nasal inspiratory pressure (SNIP). *Plos One*, 12(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177723>
- Chapman, D. G. , & Kaminsky, D. A. (2020). Asthma and lung mechanics. *Comprehensive Physiology*, 10(3), 975–1007. <https://doi.org/10.1002/cphy.c190020>
- Kandus, J., & Kociánová, J. (2001). *Stručný průvodce lékaře po plicních funkcích* (2nd ed.). Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Kapandji, A. I. (2008). *The physiology of the joints*. Churchill Livingstone Elsevier.
- Kašák, V. (2006). *Chronická obstrukční plicní nemoc*. Maxdorf.
- Neumannová, K., Zatloukal, J., Koblížek, V., recenzent: Smolíková, L. (2014). *Doporučený postup plicní rehabilitace*.
- Katz, S., Arish, N., Rokach, A., Zaltzman, Y., & Marcus, E. L. (2018). The effect of body position on pulmonary function: A systematic review. *BMC Pulmonary Medicine*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12890-018-0723-4>
- Keating, A., Lee, A., & Holland, A. E. (2011). What prevents people with chronic obstructive pulmonary disease from attending pulmonary rehabilitation? A systematic review. *Chronic Respiratory Disease*, 8(2), 89–99. <https://doi.org/10.1177/1479972310393756>
- Keochkerian, D., Chlif, M., Delanaud, S., Gauthier, R., Maingourd, Y., & Ahmaidi, S. (2008a). Breathing pattern adopted by children with cystic fibrosis with mild to moderate pulmonary impairment during exercise. *Respiration*, 75(2), 170–177. <https://doi.org/10.1159/000097772>
- Kerem, E., Conway, S., Elborn, S., & Heijerman, H. (2005). Standards of care for patients with cystic fibrosis: An european consensus. *Journal of Cystic Fibrosis*, 4(1), 7–26. <https://doi.org/10.1016/j.jcf.2004.12.002>
- Kerti, M., Bayer, B., Tóth, B., & Varga, J. T. (2020a). The effect of inspiratory muscle training in interstitial lung diseases. *Rehabilitation and Chronic Care*, 99. <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2020.99>

- Kim, W. (1997). Lung mucus: A clinician's view. *European Respiratory Journal*, 10(8), 1914–1917.  
<https://doi.org/10.1183/09031936.97.10081914>
- Kolek, V. (2019). *Doporučené postupy v pneumologii* (V. Kolek, Ed.; 3.). Maxdorf.
- Kolek, V., Kašák, V., Koblížek, V., Skříčková, J., & Vašáková, M. (2010). *Pneumologie - vybrané kapitoly pro praxi*. Maxdorf.
- Koulouris, N., Mulvey, D. A., Laroche, C. M., Green, M., & Moxham, J. (1988). Comparison of two different mouthpieces for the measurement of Pimax and Pemax in normal and weak subjects. *The European Respiratory Journal*, 1(9), 863–867.
- Kreitzer, S. M., Saunders, N. A., Tyler, H. R., & Ingram, R. H. (1978). Respiratory muscle function in amyotrophic lateral sclerosis. *The American Review of Respiratory Disease*, 117(3), 437–447.  
<https://doi.org/10.1164/arrd.1978.117.3.437>
- Kyroussis, D., Polkey, M., Hughes, P., Fleming, T., Wood, C., & Mills, G. (1996). Abdominal muscle strength measured by gastric pressure during maximal cough. *Thorax*, 51(3), 45–49.
- Langer, D., Charusisin, N., Jácome, C., Hoffman, M., McConnell, A., Decramer, M., & Gosselink, R. (2015). Efficacy of a novel method for inspiratory muscle training in people with chronic obstructive pulmonary disease. *Physical Therapy*, 95(9), 1264–1273.  
<https://doi.org/10.2522/ptj.20140245>
- Langer, D., Ciavaglia, C., Faisal, A., Webb, K. A., Neder, J. A., Gosselink, R., Dacha, S., Topalovic, M., Ivanova, A., & O'Donnell, D. E. (2018a). Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD. *Journal of Applied Physiology*, 125(2), 381–392. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01078.2017>
- Langer, D., Jacome, C., Charusisin, N., Scheers, H., McConnell, A., Decramer, M., & Gosselink, R. (2013). Measurement validity of an electronic inspiratory loading device during a loaded breathing task in patients with COPD. *Respiratory Medicine*, 107(4), 633–635.  
<https://doi.org/10.1016/j.rmed.2013.01.020>
- Lapin, C. D. (2000). Mixing and matching airway clearance techniques to patients. *Pediatric Pulmonology*, 30, 144–146.
- Laroche, C. M., Carroll, N., Moxham, J., & Green, M. (1988). Clinical significance of severe isolated diaphragm weakness. *American Review of Respiratory Disease*, 138(4), 862–866.  
<https://doi.org/10.1164/ajrccm/138.4.862>

- Laroche, C. M., Mier, A. K., Moxham, J., & Green, M. (1988). The value of sniff esophageal pressures in the assessment of global inspiratory muscle strength. *American Review of Respiratory Disease*, *138*(3), 598–603. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/138.3.598>
- Larson, J. L., Kim, M. J., Sharp, J. T., & Larson, D. A. (1988). Inspiratory muscle training with a pressure threshold breathing device in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American Review of Respiratory Disease*, *138*(3), 689–696. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/138.3.689>
- Laveneziana, P., Albuquerque, A., Aliverti, A., Babb, T., Barreiro, E., Dres, M., Dubé, B.-P., Fauroux, B., Gea, J., Guenette, J. A., Hudson, A. L., Kabitz, H.-J., Laghi, F., Langer, D., Luo, Y.-M., Neder, J. A., O'Donnell, D., Polkey, M. I., Rabinovich, R. A., ... Verges, S. (2019). ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. *European Respiratory Journal*, *53*(6), 1801214. <https://doi.org/10.1183/13993003.01214-2018>
- Laveneziana, P., Webb, K. A., Wadell, K., Neder, J. A., & O'Donnell, D. E. (2014). Does expiratory muscle activity influence dynamic hyperinflation and exertional dyspnea in COPD? *Respiratory Physiology & Neurobiology*, *199*, 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2014.04.005>
- Lavietes, M. H., Grocela, J. A., Maniatis, T., Fotulski, F., Bitter, A. B., & Sunderam, G. (1988). Inspiratory muscle strength in asthma. *Chest*, *93*(5), 1043–1048. <https://doi.org/10.1378/chest.93.5.1043>
- Bradley, M., & Leith, D. E. (1976a). Ventilatory muscle strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*, *41*(4), 508–516. <https://doi.org/10.1152/jappl.1976.41.4.508>
- Leuenberger, P. (1988). Cough: Physiology and pathophysiology. *Schweizerische Medizinische Wochenschrift*, *118*(25), 955–959.
- Levine, S., Gregory, C., Nguyen, T., Shrager, J., Kaiser, L., Rubinstein, N., & Dudley, G. (2002). Bioenergetic adaptation of individual human diaphragmatic myofibers to severe COPD. *Journal of Applied Physiology*, *92*(3), 1205–1213. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00116.2001>
- Levine, S., Kaiser, L., Lefterovich, J., & Tikunov, B. (1997). Cellular adaptations in the diaphragm in chronic obstructive pulmonary disease. *New England Journal of Medicine*, *337*(25), 1799–1806. <https://doi.org/10.1056/NEJM199712183372503>
- Levine, S., Nguyen, T., Kaiser, L. R., Rubinstein, N. A., Maislin, G., Gregory, C., Rome, L. C., Dudley, G. A., Sieck, G. C., & Shrager, J. B. (2003). Human diaphragm remodeling associated with chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *168*(6), 706–713. <https://doi.org/10.1164/rccm.200209-1070OC>

- Lewis, M. I., Sieck, G. C., & Zhan, W. Z. (1992). Adaptations of the diaphragm in emphysema. *Journal of Applied Physiology*, 72(3), 934–943. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.72.3.934>
- Lewit, K. (2003). *Manipulační léčba v myoskeletální medicíne* (5th ed.). Sdělovací technika.
- Lewith, H., & Pandit, J. J. (2020). Lung ventilation and the physiology of breathing. *Surgery*, 38(5), 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2020.03.005>
- Lisboa, C., Munoz, V., Beroiza, T., Leiva, A., & Cruz, E. (1994). Inspiratory muscle training in chronic airflow limitation: Comparison of two different training loads with a threshold device. *European Respiratory Journal*, 7(7), 1266–1274. <https://doi.org/10.1183/09031936.94.07071266>
- Lista-Paz, A., Bouza Cousillas, L., Jácome, C., Fregonezi, G., Labata-Lezaun, N., Llurda-Almuzara, L., & Pérez-Bellmunt, A. (2023). Effect of respiratory muscle training in asthma: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 66(3), 101691. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2022.101691>
- Lotters, F., van Tol, B., Kwakkel, G., & Gosselink, R. (2002). Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis. *European Respiratory Journal*, 20(3), 570–577. <https://doi.org/10.1183/09031936.02.00237402>
- Loudon, R. G., & Shaw, G. B. (1967). Mechanics of cough in normal subjects and in patients with obstructive respiratory disease. *The American Review of Respiratory Disease*, 96(4), 666–677. <https://doi.org/10.1164/arrd.1967.96.4.666>
- Lougheed, M. D., Fisher, T., & O'Donnell, D. E. (2006). Dynamic hyperinflation during bronchoconstriction in asthma. *Chest*, 130(4), 1072–1081. <https://doi.org/10.1378/chest.130.4.1072>
- Lu, Y., Li, P., Li, N., Wang, Z., Li, J., Liu, X., & Wu, W. (2020). Effects of home-based breathing exercises in subjects with copd. *Respiratory Care*, 65(3), 377–387. <https://doi.org/10.4187/respcare.07121>
- Maccangno, A. L., & Cara, M. (1970). The dynamics of diaphragm. In *Respiratory Kinesiology* (2nd ed.). Masson et Cie.
- Macêdo, T. M., Freitas, D. A., Chaves, G. S., Holloway, E. A., & Mendonça, K. M. (2016). Breathing exercises for children with asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011017.pub2>

- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Galen.
- Máček, M., & Smolíková, L. (2006). *Fyzioterapie a pohybová léčba u chronických plicních onemocnění*. Blue Wings.
- Macklem, P. T. (2010). Therapeutic implications of the pathophysiology of COPD. *European Respiratory Journal* 35(3), 676–680. <https://doi.org/10.1183/09031936.00120609>
- Majewska-Pulsakowska, M., Wytrychowski, K., & Rożek-Piechura, K. (2015). The Role of inspiratory muscle training in the process of rehabilitation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 47–51. [https://doi.org/10.1007/5584\\_2015\\_194](https://doi.org/10.1007/5584_2015_194)
- Maltais, F., Decramer, M., Casaburi, R., Barreiro, E., Burelle, Y., Debigaré, R., Richard Dekhuijzen, P. N., Franssen, F., Gayan-Ramirez, G., Gea, J., Gosker, H. R., Gosselink, R., Hayot, M., Hussain, S. N. A., Janssens, W., Polkey, M. I., Roca, J., Saey, D., Schols, A. M. W. J., ... Wagner, P. D. (2014). An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: Update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 189(9). <https://doi.org/10.1164/rccm.201402-0373ST>
- Man, W. D., Kyroussis, D., Fleming, T. A., Chetta, A., Harraf, F., Mustafa, N., Rafferty, G. F., Polkey, M. I., & Moxham, J. (2003). Cough gastric pressure and maximum expiratory mouth pressure in humans. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 168(6), 714–717. <https://doi.org/10.1164/rccm.200303-334BC>
- Marcellis, R. G. J., Lenssen, A. F., de Vries, J., & Drent, M. (2013). Reduced muscle strength, exercise intolerance and disabling symptoms in sarcoidosis. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 19(5), 524–530. <https://doi.org/10.1097/MCP.0b013e328363f563>
- Martínez-Moragón, E., Perpiñá, M., Fullana, J., Macián, V., Lloris, A., & Belloch, A. (2008). Perception of dyspnea and treatment adherence in asthmatic patients. *Archivos de Bronconeumología*, 44(9), 459–463. [https://doi.org/10.1016/S1579-2129\(08\)60083-X](https://doi.org/10.1016/S1579-2129(08)60083-X)
- Mathar, H., Fastholm, P., Lange, P., & Larsen, N. S. (2017). Why do patients decline participation in offered pulmonary rehabilitation? A qualitative study. *Clinical Rehabilitation*, 31(12), 1674–1683. <https://doi.org/10.1177/0269215517708821>
- Mathur, S., Brooks, D., & Carvalho, C. R. F. (2014). Structural alterations of skeletal muscle in COPD. *Frontiers in Physiology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00104>



- McCarren, B. (1992). Dynamic pulmonary hyperinflation. *Australian Journal of Physiotherapy*, 38(3), 175–179. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60560-2](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60560-2)
- McConnell, A. (2011). *Breathe strong, perform better*. Human Kinetics.
- McConnell, A. (2013a). Functional benefits of respiratory muscle training. In *Respiratory Muscle Training: Theory and Practice*. Churchill Livingstone.
- McConnell, A. (2013b). Implementing respiratory muscle training. In *Respiratory Muscle Training: Theory and Practice*. Churchill Livingstone.
- McConnell, A. (2013d). Methods of respiratory muscle training. In *Respiratory Muscle Training: Theory and Practice*. Churchill Livingstone.
- McConnell, A. K. (2005). The role of inspiratory muscle function and training in the genesis of dyspnoea in asthma and COPD. *Primary Care Respiratory Journal*, 14(4), 186–194. <https://doi.org/10.1016/j.pcrj.2005.03.008>
- McConnell, A. K. (2013). *Respiratory Muscle Training: Theory and Practice*. Churchill Livingstone.
- McConnell, A., & Romer, L. (2004). Respiratory muscle training in healthy humans: Resolving the controversy. *International Journal of Sports Medicine*, 25(4), 284–293. <https://doi.org/10.1055/s-2004-815827>
- Mcelvaney, G., Blackie, S., Morrison, N. J., Wilcox, P. G., Fairbairn, M. S., & Pardy, R. I. (1989). Maximal static respiratory pressures in the normal elderly. *American Review of Respiratory Disease*, 139(1), 277–281. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/139.1.277>
- McIlwaine, M. (2006). Physiotherapy and airway clearance techniques and devices. *Paediatric Respiratory Reviews*, 7, S220–S222. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2006.04.197>
- McIlwaine, M., Bradley, J., Elborn, J. S., & Moran, F. (2017). Personalising airway clearance in chronic lung disease. *European Respiratory Review*, 26(143), 160086. <https://doi.org/10.1183/16000617.0086-2016>
- McIlwaine, M., Button, B., & Nevitt, S. J. (2019). Positive expiratory pressure physiotherapy for airway clearance in people with cystic fibrosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003147.pub5>
- McIlwaine, P. M., Wong, L. T., Peacock, D., & Davidson, A. G. (1997). Long-term comparative trial of conventional postural drainage and percussion versus positive expiratory pressure physiotherapy in the treatment of cystic fibrosis. *Journal of Pediatrics*, 131(4), 570–574.

- McKenzie, D. K., & Gandevia, S. C. (1986). Strength and endurance of inspiratory, expiratory, and limb muscles in asthma. *American Review of Respiratory Disease*, *134*(5), 999–1004. <https://doi.org/10.1164/arrd.1986.134.5.999>
- Mehani, S. H. (2017). Comparative study of two different respiratory training protocols in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Clinical Interventions in Aging*, *12*, 1705–1715. <https://doi.org/10.2147/CIA.S145688>
- Mendes, L. P., Moraes, K. S., Hoffman, M., Vieira, D. S., Ribeiro-Samora, G. A., Lage, S. M., Britto, R. R., & Parreira, V. F. (2019). Effects of diaphragmatic breathing with and without pursed-lips breathing in subjects with COPD. *Respiratory Care*, *64*(2), 136–144. <https://doi.org/10.4187/respcare.06319>
- Mendes, R. G., Castello-Simões, V., Trimer, R., Garcia-Araújo, A. S., Gonçalves Da Silva, A. L., Dixit, S., Di Lorenzo, V. A. P., Archiza, B., & Borghi-Silva, A. (2021). Exercise-based pulmonary rehabilitation for interstitial lung diseases: A review of components, prescription, efficacy, and safety. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, *2*. <https://doi.org/10.3389/fresc.2021.744102>
- Menzes, K., Nascimento, L., Avelino, P., Polese, J., & Salmela, L. (2018). A Review on respiratory muscle training devices. *Journal of Pulmonary & Respiratory Medicine*, *8*(2). <https://doi.org/10.4172/2161-105x.1000451>
- Miki, K., Tsujino, K., Edahiro, R., Kitada, S., Miki, M., Yoshimura, K., Kagawa, H., Oshitani, Y., Ohara, Y., Hosono, Y., Kurebe, H., & Maekura, R. (2018). Exercise tolerance and balance of inspiratory-to-expiratory muscle strength in relation to breathing timing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Breath Research*, *12*(3), 036008. <https://doi.org/10.1088/1752-7163/aaa6db>
- Miki, K., Tsujino, K., Miki, M., Yoshimura, K., Kagawa, H., Oshitani, Y., Fukushima, K., Matsuki, T., Yamamoto, Y., & Kida, H. (2020). Managing COPD with expiratory or inspiratory pressure load training based on a prolonged expiration pattern. *ERJ Open Research*, *6*(3), 00041–02020. <https://doi.org/10.1183/23120541.00041-2020>
- Milic-Emili, J., Mead, J., Turner, J. M., & Glauser, E. M. (1964). Improved technique for estimating pleural pressure from esophageal balloons. *Journal of Applied Physiology*, *19*(2), 207–211. <https://doi.org/10.1152/jappl.1964.19.2.207>
- Millar, H. D., & Baker, L. E. (1973). A stable ultraminiature catheter-tip pressure transducer. *Medical & Biological Engineering*, *11*(1), 86–89. <https://doi.org/10.1007/BF02477303>

- Miller, J. M., Moxham, J., & Green, M. (1985). The maximal sniff in the assessment of diaphragm function in man. *Clinical Science*, *69*(1), 91–96. <https://doi.org/10.1042/cs0690091>
- Moorcroft, A. J., Dodd, M. E., Morris, J., & Webb, A. K. (2004). Individualised unsupervised exercise training in adults with cystic fibrosis: A 1 year randomised controlled trial. *Thorax*, *59*(12), 1074–1080. <https://doi.org/10.1136/thx.2003.015313>
- Moore, A. J., Stubbings, A., Swallow, E. B., Dusmet, M., Goldstraw, P., Porcher, R., Moxham, J., Polkey, M. I., & Ferenczi, M. A. (2006). Passive properties of the diaphragm in COPD. *Journal of Applied Physiology*, *101*(5), 1400–1405. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01614.2005>
- Morrison, L., & Milroy, S. (2020). Oscillating devices for airway clearance in people with cystic fibrosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006842.pub5>
- Mortari, B. R., & Manzano, R. M. (2022a). Effectiveness of different protocols and loads used in inspiratory muscle training of individuals with COPD: A systematic review. *Fisioterapia e Pesquisa*, *29*(3), 303–310. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/22004529032022en>
- Mortari, B. R., & Manzano, R. M. (2022b). Effectiveness of different protocols and loads used in inspiratory muscle training of individuals with COPD: A systematic review. *Fisioterapia e Pesquisa*, *29*(3), 303–310. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/22004529032022en>
- Mota, S., Güell, R., Barreiro, E., Solanes, I., Ramírez-Sarmiento, A., Orozco-Levi, M., Casan, P., Gea, J., & Sanchis, J. (2007a). Clinical outcomes of expiratory muscle training in severe COPD patients. *Respiratory Medicine*, *101*(3), 516–524. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2006.06.024>
- Mulvey, D. A., Elliott, M. W., Koulouris, N. G., Carroll, M. P., Moxham, J., & Green, M. (1991). Sniff esophageal and nasopharyngeal pressures and maximal relaxation rates in patients with respiratory dysfunction. *American Review of Respiratory Disease*, *5*(1), 950–953. [https://doi.org/10.1164/ajrccm/143.5\\_Pt\\_1.950](https://doi.org/10.1164/ajrccm/143.5_Pt_1.950)
- Musil, J., Vondra, V., & Konšťacký, S. (2008). *Chronická obstrukční plicní nemoc: Doporučený diagnostický a léčebný postup pro všeobecné praktické lékaře*. Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře.
- National Asthma Education and Prevention Program. (2007). Expert panel report 3: Guidelines for the diagnosis and management of asthma. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, *120*(5), 94–138.
- Neumannová, K., Doušová, T., Sedlák, V., Zatloukal, J., Kos, S., & Zatloukal, J. (2017). The Czech Pneumological and Physiological Society and the Czech Society for Paediatric Pulmonology

guidelines for long-term home treatment using the CoughAssist machine in patients with serious cough disorders. *Česká a Slovenská Neurologie a Neurochirurgie*, 80(4), 480–484. <https://doi.org/10.14735/amcsnn2017480>

Neumannová, K., Kolek, V., & Zatloukal, J. (2018). Asthma bronchiale a chronická obstrukční plicní nemoc - *Možnosti komplexní léčby z pohledu fyzioterapeuta (2.)*. Mladá fronta.

Neumannová, K., Zatloukal, J., & Koblížek, V. (2014). *Doporučený postup plicní rehabilitace*.

Neves, L. F., Reis, M. H., Plentz, R. D., Matte, D. L., Coronel, C. C., & Sbruzzi, G. (2014). Expiratory and expiratory plus inspiratory muscle training improves respiratory muscle strength in subjects with COPD: *Systematic Review*. *Respiratory Care*, 59(9), 1381–1388. <https://doi.org/10.4187/respcare.02793>

NHS Foundation Trust. (2023). *Expiratory Muscle Strength Training (EMST) Patient information A-Z*. Cambridge University Hospitals.

Nici, L., Donner, C., Wouters, E., Zuwallack, R., Ambrosino, N., Bourbeau, J., Carone, M., Celli, B., Engelen, M., Fahy, B., Garvey, C., Goldstein, R., Gosselink, R., Lareau, S., MacIntyre, N., Maltais, F., Morgan, M., O'Donnell, D., Prefault, C., ... Troosters, T. (2006a). American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 173(12), 1390–1413. <https://doi.org/10.1164/rccm.200508-1211ST>

Nield, M. A. (1999). Inspiratory muscle training protocol using a pressure threshold device: Effect on dyspnea in chronic obstructive pulmonary disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(1), 100–102. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90315-5](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90315-5)

Nield, M. A., Soo Hoo, G. W., Roper, J. M., & Santiago, S. (2007). Efficacy of pursed-lips breathing. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 27(4), 237–244. <https://doi.org/10.1097/01.HCR.0000281770.82652.cb>

Nikoletou, D., Man, W. D.-C., Mustfa, N., Moore, J., Rafferty, G., Grant, R. L., Johnson, L., & Moxham, J. (2016). Evaluation of the effectiveness of a home-based inspiratory muscle training programme in patients with chronic obstructive pulmonary disease using multiple inspiratory muscle tests. *Disability and Rehabilitation*, 38(3), 250–259. <https://doi.org/10.3109/09638288.2015.1036171>

Novák, M., & Paleček, F. (1999). Patofyziologie dýchání. In F. Paleček (Ed.), *Patofyziologie dýchání* (2nd ed., pp. 65–88). Academia.

- O'Connor, C., Lawson, R., Waterhouse, J., & Mills, G. H. (2019). Is inspiratory muscle training (IMT) an acceptable treatment option for people with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) who have declined pulmonary rehabilitation (PR) and can IMT enhance PR uptake? A single-group prepost feasibility study in a home-based setting. *BMJ Open*, *9*(8). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028507>
- O'Donnell, D. E., Bertley, J. C., Chau, L. K., & Webb, K. A. (1997). Qualitative aspects of exertional breathlessness in chronic airflow limitation: pathophysiologic mechanisms. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *155*(1), 109–115. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.155.1.9001298>
- O'Donnell, D. E., Ora, J., Webb, K. A., Laveneziana, P., & Jensen, D. (2009). Mechanisms of activity-related dyspnea in pulmonary diseases. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, *167*(1), 116–132. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2009.01.010>
- Oliveira, M. J. P., Rodrigues, F., Firmino-Machado, J., Ladeira, I. T., Lima, R., Conde, S. D., & Guimarães, M. (2018). Assessment of respiratory muscle weakness in subjects with neuromuscular disease. *Respiratory Care*, *63*(10), 1223–1230. <https://doi.org/10.4187/respcare.06136>
- Opdekamp, C., & Sergysels, R. (2003). La kinésithérapie respiratoire dans les pathologies pulmonaires [Respiratory physiotherapy in lung diseases]. *Revue Médicale de Bruxelles*, *24*(4), 231–235.
- Ottenheijm, C. A. C., Heunks, L. M. A., Hafmans, T., van der Ven, P. F. M., Benoist, C., Zhou, H., Labeit, S., Granzier, H. L., & Dekhuijzen, P. N. R. (2006). Titin and diaphragm dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *173*(5), 527–534. <https://doi.org/10.1164/rccm.200507-1056OC>
- Ottenheijm, C. A. C., Heunks, L. M. A., Sieck, G. C., Zhan, W.-Z., Jansen, S. M., Degens, H., de Boo, T., & Dekhuijzen, P. N. R. (2005). Diaphragm dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *172*(2), 200–205. <https://doi.org/10.1164/rccm.200502-262OC>
- Ottenheijm, C. A. C., Jenniskens, G. J., Geraedts, M. C. P., Hafmans, T., Heunks, L. M. A., van Kuppevelt, T. H., & Dekhuijzen, P. N. R. (2007). Diaphragm dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: a role for heparan sulphate? *European Respiratory Journal*, *30*(1), 80–89. <https://doi.org/10.1183/09031936.00125106>

- Panagiotou, M., Polychronopoulos, V., & Strange, C. (2016a). Respiratory and lower limb muscle function in interstitial lung disease. *Chronic Respiratory Disease*, *13*(2), 162–172. <https://doi.org/10.1177/1479972315626014>
- Papiris, S., Kotanidou, A., Malagari, K., & Roussos, C. (2002). Clinical review: Severe asthma. *Critical Care*, *6*(1), 30. <https://doi.org/10.1186/cc1451>
- Pardy, R. L., Rivington, R. N., Despas, P. J., & Macklem, P. T. (1981). Inspiratory muscle training compared with physiotherapy in patients with chronic airflow limitation. *The American Review of Respiratory Disease*, *123*(4 Pt 1), 421–425. <https://doi.org/10.1164/arrd.1981.123.4.421>
- Pardy, R., & Rochester, D. (1992). Respiratory muscle training. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*, *13*(01), 53–62. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1006258>
- Pereira, L. F. F., Mancuzo, E. V., Rezende, C. F., & Côrrea, R. de A. (2015). Six-minute walk test and respiratory muscle strength in patients with uncontrolled severe asthma: A pilot study. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, *41*(3), 211–218. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132015000004483>
- Perez, T., Becquart, L. A., Stach, B., Wallaert, B., & Tonnel, A. B. (1996a). Inspiratory muscle strength and endurance in steroid-dependent asthma. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *153*(2), 610–615. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.153.2.8564106>
- Pessoa, I. M. S., Parreira, V. F., Fregonezi, G. A., Sheel, A. W., Chung, F., & Reid, W. D. (2014). Reference values for maximal inspiratory pressure: A systematic review. *Canadian Respiratory Journal*, *21*(1), 43–50. <https://doi.org/10.1155/2014/982374>
- Petrovic, M., Reiter, Wanke, Pohl, & Zipko. (2012). Effects of inspiratory muscle training on dynamic hyperinflation in patients with COPD. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, *797*. <https://doi.org/10.2147/COPD.S23784>
- Pfleger, A., Theissl, B., Oberwaldner, B., & Zach, M. S. (1992). Self-administered chest physiotherapy in cystic fibrosis: A comparative study of high-pressure pep and autogenic drainage. *Lung*, *170*.
- Pinet, C., Cassart, M., Scillia, P., Lamotte, M., Knoop, C., Casimir, G., Mélot, C., & Estenne, M. (2003). Function and bulk of respiratory and limb muscles in patients with cystic fibrosis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *168*(8), 989–994. <https://doi.org/10.1164/rccm.200303-398OC>
- Pitta, F., Probst, V., & Garrod, R. (2008). Pulmonary rehabilitation in chronic respiratory disease. In *Physiotherapy for respiratory and cardiac problems* (pp. 440–469). Churchill Livingstone.

- Pohyby komponent hrudníka počas dychového cyklu (n.d.). Retrieved from [https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/mechanics\\_of\\_breathing\\_1.pdf](https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/mechanics_of_breathing_1.pdf)
- Pohyby rebier a sterna v transverzálnej rovine v priebehu dychového cyklu (2011). Retrieved from <https://socratic.org/questions/in-detail-what-processes-do-the-respiratory-system-and-the-muscular-system-go-th>
- Polkey, M. I. (2019). Respiratory Muscle Assessment in Clinical Practice. *Clinics in Chest Medicine*, 40(2), 307–315. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2019.02.015>
- Polla, B. (2004). Respiratory muscle fibres: specialisation and plasticity. *Thorax*, 59(9), 808–817. <https://doi.org/10.1136/thx.2003.009894>
- Ponomareva, B. I. (2010). Clinical assessment of the strength and endurance of the respiratory muscles in patients with chronic obstructive pulmonary disease of senile age [Dissertation for an academic degree]. Ryazan State Medical University named after acad. I.P. Pavlov.
- Potter, V. (2022). Retrieved from <https://www.powerbreathe.com/what-is-expiratory-muscle-strength-training/>
- POWERbreathe® K1 (n.d.). Retrieved from <https://www.powerbreathe.com/product/k1/>
- POWERbreathe Medic (n.d.). Retrieved from <https://www.powerbreathe.com/product/powerbreathe-medic/>
- Pradal, U., Polese, G., Braggion, C., Poggi, R., Zanolla, L., Mastella, G., & Rossi, A. (1994). Determinants of maximal transdiaphragmatic pressure in adults with cystic fibrosis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 150(1), 167–173. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.150.1.8025744>
- Preusser, B. A., Winningham, M. L., & Clanton, T. L. (1994). High- vs low-intensity inspiratory muscle interval training in patients with COPD. *Chest*, 106(1), 110–117. <https://doi.org/10.1378/chest.106.1.110>
- Pryor, J. A., Tannenbaum, E., Cramer, D., Scott, S. E., Burgess, J., Gyi, K., & Hodson, M. E. (2006). A comparison of five airway clearance techniques in the treatment of people with cystic fibrosis. *Journal of Cystic Fibrosis*, 5.
- Pryor, J. A., & Weber, B. A. (2002). Breathing control. In J. A. Pryor & S. A. Prasad (Eds.), *Physiotherapy for respiratory and cardiac problems* (pp. 182–186). Churchill Livingstone.

- Pryor, J., & Prasad, S. (2008). Physiotherapy techniques. In *Physiotherapy for respiratory and cardiac problems* (pp. 134–217). Churchill Livingstone.
- Rahn, H., Otis, A., & Fenn, W. O. (1946). The pressure-volume diagram of the thorax and lung. *Federation Proceedings*, 5(2), 82.
- Ramírez-Sarmiento, A., Orozco-Levi, M., Barreiro, E., Méndez, R., Ferrer, A., Broquetas, J., & Gea, J. (2002). Expiratory muscle endurance in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*, 57(2), 132–136. <https://doi.org/10.1136/thorax.57.2.132>
- Ramos, E., de Oliveira, L. V. F., Silva, A. B., Costa, I. P., Corrêa, J. C. F., Costa, D., Alves, V. L., Donner, C. F., Stibulov, R., Arena, R., & Sampaio, L. M. (2015). Peripheral muscle strength and functional capacity in patients with moderate to severe asthma. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 10(1), 3. <https://doi.org/10.1186/2049-6958-10-3>
- Regnis, J. A., Alison, J. A., Henke, K. G., Donnelly, P. M., & Bye, P. T. P. (1991). Changes in end-expiratory lung volume during exercise in cystic fibrosis relate to severity of lung disease. *American Review of Respiratory Disease*, 144(1), 507–512. [https://doi.org/10.1164/ajrccm/144.3\\_Pt\\_1.507](https://doi.org/10.1164/ajrccm/144.3_Pt_1.507)
- Regnis, J. A., Donnelly, P. M., Robinson, M., Alison, J. A., & Bye, P. T. (1996). Ventilatory mechanics at rest and during exercise in patients with cystic fibrosis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 154(5), 1418–1425. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.154.5.8912758>
- Reid, M. B., & Li, Y.-P. (2001). Tumor necrosis factor- $\alpha$  and muscle wasting: A cellular perspective. *Respiratory Research*, 2(5), 269. <https://doi.org/10.1186/rr67>
- Reid, W. D., Geddes, E. L., O'Brien, K., Brooks, D., & Crowe, J. (2008). Effects of inspiratory muscle training in cystic fibrosis: A systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 22(10–11), 1003–1013. <https://doi.org/10.1177/0269215508090619>
- Ringqvist, T. (1966). The ventilatory capacity in healthy subjects: An analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. 88, 5–179.
- Rochester, C. L., Vogiatzis, I., Powell, P., Masefield, S., & Spruit, M. A. (2018). Patients' perspective on pulmonary rehabilitation: experiences of european and american individuals with chronic respiratory diseases. *ERJ Open Research*, 4(4), 00085–02018. <https://doi.org/10.1183/23120541.00085-2018>
- Rochester, D. F. (1988). Tests of respiratory muscle function. *Clinics in Chest Medicine*, 9(2), 249–261.



- Rogers, D. F. (1994). Airway goblet cells: responsive and adaptable front-line defenders. *The European Respiratory Journal*, 7(9), 1690–1706.
- Roig, M., Eng, J. J., MacIntyre, D. L., Road, J. D., FitzGerald, J. M., Burns, J., & Reid, W. D. (2011). Falls in people with chronic obstructive pulmonary disease: An observational cohort study. *Respiratory Medicine*, 105(3), 461–469. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2010.08.015>
- Rokyta, R., Bernášková, K., Franěk, M., Kučera, P., Matějovská, I., Nohejlová, K., Paul, T., Pekárková, I., Pometlová, M., Rokytová, V., Šlamberová, R., & Yamamotová, A. (2016). *Fyziologie* (R. Rokyta & K. Bernášková, Eds.; 3.). Galén.
- Rowe, S. M., Miller, S., & Sorscher, E. J. (2005). Cystic fibrosis. *New England Journal of Medicine*, 352(19), 1992–2001. <https://doi.org/10.1056/NEJMra043184>
- Ruggeri, P., Profazio, C., & Nucera, F. (2023). Airway clearance in chronic respiratory disorders: obstructive CF, COPD, and asthma. In *Humidification in the Intensive Care Unit* (pp. 207–218). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-23953-3\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-031-23953-3_23)
- Sakkatos, P., Bruton, A., & Barney, A. (2021). Changes in quantifiable breathing pattern components predict asthma control: An observational cross-sectional study. *Asthma Research and Practice*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s40733-021-00071-3>
- Santana-Sosa, E., Gonzalez-Saiz, L., Groeneveld, I. F., Villa-Asensi, J. R., Barrio Gómez de Agüero, M. I., Fleck, S. J., López-Mojares, L. M., Pérez, M., & Lucia, A. (2014). Benefits of combining inspiratory muscle with ‘whole muscle’ training in children with cystic fibrosis: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 48(20), 1513–1517. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091892>
- Santino, T. A., Chaves, G. S., Freitas, D. A., Fregonezi, G. A., & Mendonça, K. M. (2020). Breathing exercises for adults with asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001277.pub4>
- Scott, A. (2006). Increased injury and intramuscular collagen of the diaphragm in COPD: Autopsy observations. *European Respiratory Journal*, 27(1), 51–59. <https://doi.org/10.1183/09031936.06.00143004>
- Sedlák, V., Chlumský, J., Teřl, M., Novotná, B., & Král, B. (2011). *Doporučený postup diagnostiky a léčby obtížně léčitelného bronchiálního astmatu*.

- Shah, B. K., Singh, B., Wang, Y., Xie, S., & Wang, C. (2023). Mucus hypersecretion in chronic obstructive pulmonary disease and its treatment. *Mediators of Inflammation*, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2023/8840594>
- Shale, D. J., & Ionescu, A. A. (2004). Mucus hypersecretion: A common symptom, a common mechanism? *European Respiratory Journal*, 23(6), 797–798. <https://doi.org/10.1183/09031936.0.00018404>
- Shei, R. J., Paris, H. L. R., Wilhite, D. P., Chapman, R. F., & Mickleborough, T. D. (2016). The role of inspiratory muscle training in the management of asthma and exercise-induced bronchoconstriction. *The Physician and Sportsmedicine*, 44(4), 327–334. <https://doi.org/10.1080/00913847.2016.1176546>
- Silbernagl, S., & Lang, F. (2012). *Atlas patofyziologie (2.)*. Grada Publishing.
- Silva, I. S., Fregonezi, G. A., Dias, F. AL, Ribeiro, C. T., Guerra, R. O., & Ferreira, G. M. (2013). Inspiratory muscle training for asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003792.pub2>
- Skládal, J., Škarvan, K., Ruth, C., & Mikulenk, V. (1969). Postural activity of the diaphragm in human. *Journal de Physiologie*, 61(2), 405–406.
- Slavíková, J., & Švíglerová, J. (2014). *Fyziologie dýchání (1.)*. Karolinum.
- Smith, K., Cook, D., Guyatt, G. H., Madhavan, J., & Oxman, A. D. (1992). Respiratory muscle training in chronic airflow limitation: A meta-analysis. *American Review of Respiratory Disease*, 145(3), 533–539. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/145.3.533>
- Smolík, P. (1996). *Duševní a behaviorální poruchy*. Maxdorf.
- Smolíková, L., & Máček, M. (2002). *Fyzioterapie a pohybová léčba u chronické obstrukční plicní nemoci (1.)*. Vltavín.
- Smolíková, L., & Máček, M. (2013). *Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace (1st ed.)*. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.
- Smolíková, L., Pivec, M., Rychnovský, T., Chlumský, J., Zounková, I., & Máček, M. (2005). Plicní rehabilitace CHOPN. *Postgraduální Medicína*, 7(4), 376–385.
- Smolíková Libuše. (2005). Hygienu horních cest dýchacích: Součást léčebné rehabilitace. *Pediatric pro praxi*, 6, 262–267.

- Soriano, J. B., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abera, S. F., Agrawal, A., Ahmed, M. B., Aichour, A. N., Aichour, I., Aichour, M. T. E., Alam, K., Alam, N., Alkaabi, J. M., Al-Maskari, F., Alvis-Guzman, N., Amberbir, A., Amoako, Y. A., Ansha, M. G., Antó, J. M., Asayesh, H., ... Vos, T. (2017). Global, regional, and national deaths, prevalence, disability-adjusted life years, and years lived with disability for chronic obstructive pulmonary disease and asthma, 1990–2015: A systematic analysis for the global burden of disease study 2015. *The Lancet Respiratory Medicine*, 5(9), 691–706. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(17\)30293-X](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(17)30293-X)
- Souza, Y., Suzana, M. E., Medeiros, S., Macedo, J., & Costa, C. H. (2022). Respiratory muscle weakness and its association with exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *The Clinical Respiratory Journal*, 16(2), 162–166. <https://doi.org/10.1111/crj.13449>
- Spahija, J., de Marchie, M., & Grassino, A. (2005). Effects of imposed pursed-lips breathing on respiratory mechanics and dyspnea at rest and during exercise in COPD. *Chest*, 128(2), 640–650. <https://doi.org/10.1378/chest.128.2.640>
- Spruit, M. A., Pitta, F., McAuley, E., ZuWallack, R. L., & Nici, L. (2015). Pulmonary rehabilitation and physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 192(8), 924–933. <https://doi.org/10.1164/rccm.201505-0929CI>
- Spruit, M. A., Singh, S. J., Garvey, C., ZuWallack, R., Nici, L., Rochester, C., Hill, K., Holland, A. E., Lareau, S. C., Man, W. D.-C., Pitta, F., Sewell, L., Raskin, J., Bourbeau, J., Crouch, R., Franssen, F. M. E., Casaburi, R., Vercoulen, J. H., Vogiatzis, I., ... Wouters, E. F. M. (2013a). An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 188(8), 13–64. <https://doi.org/10.1164/rccm.201309-1634ST>
- Stanford, G., Ryan, H., & Solis-Moya, A. (2020). Respiratory muscle training for cystic fibrosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006112.pub5>
- Stavrou, V. T., Turlakopoulos, K. N., Daniil, Z., & Gourgoulianis, K. I. (2021). Respiratory muscle strength: New technology for easy assessment. *Cureus*, 13(5). <https://doi.org/10.7759/cureus.14803>
- Stell, I. M., Polkey, M. I., Rees, P. J., Green, M., & Moxham, J. (2001). Inspiratory muscle strength in acute asthma. *Chest*, 120(3), 757–764. <https://doi.org/10.1378/chest.120.3.757>

- Stubbings, A. K., Moore, A. J., Dusmet, M., Goldstraw, P., West, T. G., Polkey, M. I., & Ferenczi, M. A. (2008). Physiological properties of human diaphragm muscle fibres and the effect of chronic obstructive pulmonary disease. *The Journal of Physiology*, *586*(10), 2637–2650. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.149799>
- Sturdy, G., Hillman, D., Green, D., Jenkins, S., Cecins, N., & Eastwood, P. (2003). Feasibility of high-intensity, interval-based respiratory muscle training in COPD. *Chest*, *123*(1), 142–150. <https://doi.org/10.1378/chest.123.1.142>
- Brown, K. K., Make, B. J., Swigris, J. J., & Wamboldt, F. S. (2008). Pulmonary rehabilitation in idiopathic pulmonary fibrosis: A call for continued investigation. *Respiratory Medicine*, *102*(12), 1675–1680. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2008.08.014>
- Teodorescu, M., Xie, A., Sorkness, C. A., Robbins, J., Reeder, S., Gong, Y., Fedie, J. E., Sexton, A., Miller, B., Huard, T., Hind, J., Bioty, N., Peterson, E., Kunselman, S. J., Chinchilli, V. M., Soler, X., Ramsdell, J., Loreda, J., Israel, E., ... Malhotra, A. (2014). Effects of inhaled fluticasone on upper airway during sleep and wakefulness in asthma: A pilot study. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, *10*(02), 183–193. <https://doi.org/10.5664/jcsm.3450>
- Terzi, N., Corne, F., Mouadil, A., Lofaso, F., & Normand, H. (2010). Mouth and nasal inspiratory pressure: Learning effect and reproducibility in healthy adults. *Respiration*, *80*(5), 379–386. <https://doi.org/10.1159/000254378>
- Thomas, A. J. (2006). Chronic obstructive pulmonary disease: The contribution of skeletal muscle dysfunction to exercise intolerance. *Physical Therapy Reviews*, *11*(1), 62–66. <https://doi.org/10.1179/108331906X98912>
- The Breather (n.d.). Retrieved from <https://talktools.com/products/the-breather>
- Threshold IMT (n.d.). Retrieved from <https://www.philips.cz/healthcare/product/HCHS730010/treshold-inspiratorymuscle-traine>
- Tobin, M. J. (1992). Breathing pattern analysis. *Intensive Care Medicine*, *18*(4), 193–201. <https://doi.org/10.1007/BF01709831>
- Tochino, Y., Asai, K., Shuto, T., & Hirata, K. (2017). Asthma-COPD overlap syndrome Coexistence of chronic obstructive pulmonary disease and asthma in elderly patients and parameters for their differentiation. *Journal of General and Family Medicine*, *18*(1), 5–11. <https://doi.org/10.1002/jgf2.2>

- Tout, R., Tayara, L., & Halimi, M. (2013). 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*, 56(3), 193–211. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2013.01.008>
- Troosters, T., Pitta, F., & Decramer, M. (2005). Respiratory muscle assessment in pulmonary rehabilitation. In C. F. In Dooner, N. Ambrosiino, & R. Goldstein (Eds.), *Pulmonary rehabilitation* (1. ed., pp. 69–79). Edward Arnold.
- Uldry, C., Janssens, J., de Muralt, B., & Fitting, J. (1997). Sniff nasal inspiratory pressure in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *European Respiratory Journal*, 10(6), 1292–1296. <https://doi.org/10.1183/09031936.97.10061292>
- van Hees, H. W. H., Dekhuijzen, P. N. R., & Heunks, L. M. A. (2009). Levosimendan enhances force generation of diaphragm muscle from patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 179(1), 41–47. <https://doi.org/10.1164/rccm.200805-732OC>
- Vázquez-Gandullo, E., Hidalgo-Molina, A., Montoro-Ballesteros, F., Morales-González, M., Muñoz-Ramírez, I., & Arnedillo-Muñoz, A. (2022). Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) as part of a respiratory rehabilitation program implementation of mechanical devices: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5564. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095564>
- Vojta, V., & Peters, A. (1995). *Vojtův princip: Svalové souhry v reflexní lokomoci a motorická ontogeneze*. Grada.
- Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L., Backx, K., & Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 803–809. <https://doi.org/10.1097/00005768-200105000-00020>
- Vondra, V., Musil, J., Kos, S., & Králiková, E. (2003). *Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) – moderní směry v diagnostice a léčbě* (1.). Vltavín.
- Wagener, J. S., Hibbert, M. E., & Landau, L. I. (1984). Maximal respiratory pressures in children. *American Review of Respiratory Disease*, 129(5), 873–875. <https://doi.org/10.1164/arrd.1984.129.5.873>

- Wald, A., Post, K., Ransohoff, J., Hass, W., & Epstein, F. (1977). A new technique for monitoring epidural intracranial pressure. *Medical Instrumentation*, 11(6), 352–354.
- Walterspacher, S., Schlager, D., Walker, D. J., Müller-Quernheim, J., Windisch, W., & Kabitz, H.-J. (2013). Respiratory muscle function in interstitial lung disease. *European Respiratory Journal*, 42(1), 211–219. <https://doi.org/10.1183/09031936.00109512>
- Wanke, T., Formanek, D., Lahrmann, H., Brath, H., Wild, M., Wagner, C., & Zwick, H. (1994). Effects of combined inspiratory muscle and cycle ergometer training on exercise performance in patients with COPD. *European Respiratory Journal*, 7(12), 2205–2211. <https://doi.org/10.1183/09031936.94.07122205>
- Ward, J. (2005). Physiology of breathing. *Surgery*, 23(11), 419–424. <https://doi.org/10.1383/surg.2005.23.11.419>
- Wasserman, K., Whipp, B. J., Sietsema, K. E., Stinger, W. W., Ward, S., & Hansen, J. E. (2020). *Principles of Exercise Testing and Interpretation* (6th ed.). Wolters Kluwer Health.
- Weatherald, J., Lougheed, M. D., Taillé, C., & Garcia, G. (2017). Mechanisms, measurement and management of exertional dyspnoea in asthma. *European Respiratory Review*, 26(144), 170015. <https://doi.org/10.1183/16000617.0015-2017>
- Weiner, P., Magadle, R., Beckerman, M., Weiner, M., & Berar-Yanay, N. (2003a). Comparison of specific expiratory, inspiratory, and combined muscle training programs in COPD. *Chest*, 124(4), 1357–1364. <https://doi.org/10.1378/chest.124.4.1357>
- Weiner, P., Magadle, R., Beckerman, M., Weiner, M., & Berar-Yanay, N. (2003b). Specific expiratory muscle training in COPD. *Chest*, 124(2), 468–473. <https://doi.org/10.1378/chest.124.2.468>
- Weiner, P., Magadle, R., Beckerman, M., Weiner, M., & Berar-Yanay, N. (2004). Maintenance of inspiratory muscle training in COPD patients: One year follow-up. *European Respiratory Journal*, 23(1), 61–65. <https://doi.org/10.1183/09031936.03.00059503>
- Weiner, P., Magadle, R., Massarwa, F., Beckerman, M., & Berar-Yanay, N. (2002). Influence of gender and inspiratory muscle training on the perception of dyspnea in patients with asthma. *Chest*, 122(1), 197–201. <https://doi.org/10.1378/chest.122.1.197>
- WHO. (n.d.). The World Health Organization Quality of Life. Retrieved from [www.who.int/Mental\\_health/Publications/Whoqol/En/](http://www.who.int/Mental_health/Publications/Whoqol/En/).

- Wilson, S. H., Cooke, N. T., Edwards, R. H., & Spiro, S. G. (1984). Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax*, 39(7), 535–538. <https://doi.org/10.1136/thx.39.7.535>
- Wongviriyawong, C., Harris, R. S., Greenblatt, E., Winkler, T., & Venegas, J. G. (2013). Peripheral resistance: a link between global airflow obstruction and regional ventilation distribution. *Journal of Applied Physiology*, 114(4), 504–514. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00273.2012>
- Wouters, E. F. M. (2005). Local and systemic inflammation in chronic obstructive pulmonary disease. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 2(1), 26–33. <https://doi.org/10.1513/pats.200408-039MS>
- Zach, M. S. (1990). Lung disease in cystic fibrosis—an updated concept. *Pediatric Pulmonology*, 8(3), 188–202. <https://doi.org/10.1002/ppul.1950080311>
- Zeng, Y., Jiang, F., Chen, Y., Chen, P., & Cai, S. (2018). Exercise assessments and trainings of pulmonary rehabilitation in COPD: A literature review. *International Journal of COPD*, 13, 2013–2023. <https://doi.org/10.2147/COPD.S167098>
- Žurková, P., & Shudeiwa, A. (2012). Vyšetření funkce plic a respiračních svalů u pacientů s neuromuskulárním onemocněním. *Neurologie pro Praxi*, 13(6), 336–340.

## 9 PRÍLOHY

### 9.1 Informovaný súhlas

#### Informovaný súhlas pacienta

**Název studie:** Tréning dýchacích svalov s využitím dychových trenažérov u pacientov s chronickým respiračným ochorením.

**Jméno pacienta:**


**Pacient byl do studie zařazen pod číslem: 1**

**Datum narození:**

**Odpovědný fyzioterapeut:** KRISTÍNA TAKAČOVÁ

1. Já níže **podepsaný(á) souhlasím** s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Informoval(a) jsem fyzioterapeuta pověřeného studií o všech lécích, které jsem užíval(a) v posledních 28 dnech, i o těch, které v současnosti užívám.
4. Budu se svým fyzioterapeutem spolupracovat a v případě výskytu jakéhokoliv neobvyklého nebo nečekaného příznaku jej budu neprodleně informovat.
5. Porozuměl(a) jsem tomu, že moje účast na studii je dobrovolná. Víím, že ji mohu kdykoliv přerušit nebo ukončit, aniž by to jakkoliv ovlivnilo moji další léčbu.
6. Porozuměl(a) jsem, že při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrností dle platných zákonů ČR. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (tzn. anonymní data – pod číselným kódem) nebo s mým výslovným souhlasem. Porozuměl(a) jsem tomu, že moje osobní identifikační údaje nebudou nikde uveřejněny. Do mojí dokumentace budou moci na základě mnou uděleného souhlasu moci nahlédnout za účelem ověření získaných údajů zástupci nezávislých etických komisí a zahraničních nebo místních kompetentních úřadů. Pro tyto případy je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat.
7. Porozuměl(a) jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já pak naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

**Podpis pacienta:**

**Podpis fyzioterapeuta:** 

**Datum:** 31. 5. 2023