

Univerzita Palackého v Olomoci

Fakulta tělesné kultury

USNADNĚNÍ EXPEKTORACE POMOCÍ AIRWAY CLEARANCE TECHNIQUES
U NEMOCNÝCH S VÝRAZNÝM OSLABENÍM DÝCHACÍCH SVALŮ

Diplomová práce
(bakalářská)

Autorka: Alice Hájková, fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D.

Olomouc 2014

Jméno a příjmení autora: Alice Hájková

Název bakalářské práce: Usnadnění expektorace pomocí airway clearance techniques u nemocných s výrazným oslabením dýchacích svalů

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Vedoucí: Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D.

Rok obhajoby: 2014

Abstrakt: Kašel je jedním ze základních fyziologických mechanismů, díky kterému je zajištěna hygiena dýchacích cest. U pacientů s výrazným oslabením dýchacích svalů mohou být postiženy všechny 3 fáze kašle: inspirační, glotická i expirační. V rámci rehabilitace a hygieny dýchacích cest lze volit buď konvenční airway clearance techniques, nebo speciální techniky založené na podpoře nádechových i výdechových svalů. Konkrétní technika je volena v závislosti na míře oslabení dýchacích svalů a poškozené fázi kašle. U pacientů, kde výrazné oslabení dýchacích svalů již neumožňuje aplikovat aktivně prováděné drenážní techniky, je možné použít přístrojovou podporu pomocí mechanické insuflace-exsuflace, kterou lze použít u širokého spektra onemocnění. Je založena na střídání přetlaku a podtlaku, čímž dochází k simulaci kašle a zefektivnění expektorace.

Klíčová slova: kašel, CoughAssist, respirační fyzioterapie, nervosvalová onemocnění

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Alice Hájková

Title of the thesis: Facilitation of Expectoration by Airway Clearance Techniques in Patients With Respiratory Muscle Weakness

Department: Department of Physiotherapy

Supervisor: Mgr. Kateřina Neumannová, Ph.D.

The year of presentation: 2014

Abstract: Cough is one of the basic physiological mechanisms which ensures the hygiene of the airways. In patients with considerably weak respiratory muscles, all three phases of the cough cycle can be affected, i.e. the inspiratory phase, the compression phase, and the expiratory phase. As far as the rehabilitation and hygiene of the airways are concerned, it is possible to apply either the conventional airway clearance techniques, or special techniques based on supporting the inspiratory and expiratory muscles. The particular technique is selected according to the level of respiratory muscle weakness, depending on which cough cycle phase is affected. If the active drainage techniques cannot be applied due to the significant weakness of the patient's respiratory muscles, it is possible to use a mechanical insufflation-exsufflation device, which can be applied to a wide range of diseases. It is based on the positive and negative pressure alternation which stimulates cough and makes expectoration more effective.

Keywords: cough, expectoration, CoughAssist, airway clearance techniques, neuromuscular disease

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně s odbornou pomocí Mgr. Kateřiny Neumannové, Ph.D. a že jsem uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a řídila se dle zásad vědecké etiky.

V Olomouci dne 17. dubna 2014

.....

Děkuji zejména Mgr. Kateřině Neumannové, Ph.D. za cenné odborné rady a čas, které mi věnovala při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům, kteří mi byli po celou dobu studia oporou.

OBSAH

1 ÚVOD	10
2 CÍLE	11
3 PŘEHLED POZNATKŮ	12
3.1 Fyziologie a mechanismus kašle	12
3.1.1 Aferentní dráha	12
3.1.2 Centrum kašle	14
3.1.3 Eferentní dráha	16
3.2 Vyšetřovací metody	17
3.2.1 Spirometrie	17
3.2.1.1 Statické plicní objemy a kapacity	18
3.2.1.2 Dynamické plicní objemy	19
3.2.1.3 Křivka průtok-objem	20
3.2.2 Celotělová pletysmografie	21
3.2.3 Měření proudu vydechovaného vzduchu	21
3.2.4 Měření vrcholového proudu vydechovaného vzduchu při kašli	22
3.2.5 Měření síly dýchacích svalů	22
3.2.6 Pulzní oxymetrie	23
3.2.7 Měření rozvíjení hrudníku	23
3.3 Poruchy expektorace	23
3.3.1 Poruchy jednotlivých fází kašle	24
3.3.2 Zdravotní komplikace spojené s poruchami expektorace	25
3.3.3 Podmínky efektivní expektorace	26
3.3.4 Příčiny oslabení dýchacích svalů a následné neefektivní expektorace u jednotlivých typů onemocnění	27
3.3.4.1 Duchennova svalová dystrofie	27
3.3.4.2 Roztroušená skleróza	28

3.3.4.3	Parkinsonova choroba	28
3.3.4.4	Amyotrofická laterální skleróza.....	28
3.3.4.5	Syndrom Guillain-Barré	29
3.3.4.6	Spinální svalová atrofie	29
3.3.4.7	Traumatická poranění míchy	29
3.3.4.8	Cévní mozková příhoda.....	30
3.3.4.9	Chronická obstrukční plicní nemoc	31
3.4	Airway clearance techniques	31
3.4.1	Aktivní techniky	31
3.4.1.1	Bez pomůcek.....	31
3.4.1.2	S pomůckami	32
3.4.1.2.1	Vibrační pomůcky	32
3.4.1.2.2	Pomůcky bez vibrace.....	32
3.4.2	Pasivní techniky.....	33
3.4.2.1	Bez pomůcek.....	33
3.4.2.2	S pomůckami	33
3.5	Metody podpory expektorace u pacientů s oslabením dýchacích svalů	35
3.5.1	Techniky podpory nádechových svalů.....	35
3.5.1.1	Breath stacking.....	35
3.5.1.2	Glossopharyngeal breathing („žabí“ dýchání).....	36
3.5.1.3	Intermittent positive pressure breathing (přerušované dýchání).....	38
3.5.1.4	CoughAssist	39
3.5.2	Techniky podpory výdechových svalů.....	39
3.5.2.1	Manuálně asistovaný kašel	39
3.5.2.2	CoughAssist	40
3.5.3	Algoritmus volby terapie pro podporu kašle.....	40
3.6	CoughAssist.....	41

3.6.1	Historie a vývoj.....	41
3.6.2	Popis a příslušenství.....	42
3.6.3	Nastavení přístroje	43
3.6.3.1	Režim přístroje.....	43
3.6.3.2	Tlak.....	43
3.6.3.3	Způsob aplikace	44
3.6.3.3.1	Neinvazivní	44
3.6.3.3.2	Invazivní	44
3.6.4	Provedení.....	45
3.6.5	Indikace	46
3.6.5.1	Spinální svalová atrofie	46
3.6.5.2	Duchennova svalová dystrofie.....	47
3.6.5.3	Amyotrofická laterální skleróza.....	47
3.6.5.4	Traumatická poranění míchy	48
3.6.5.5	Dětsíí pacienti	49
3.6.5.6	Pooperační terapie.....	49
3.6.5.7	Chronická obstrukční plicní nemoc	50
3.6.5.8	Prevence reintubace po extubaci.....	50
3.6.6	Kontraindikace a vedlejší účinky.....	51
3.6.7	Účinky	51
3.6.7.1	Zvýšení vrcholového proudu vydechovaného vzduchu při kašli.....	51
3.6.7.2	Fyziologické účinky	53
3.6.7.2.1	Kardiovaskulární systém	53
3.6.7.2.2	Saturace hemoglobinu kyslíkem	54
3.6.7.2.3	Intragastrický tlak.....	54
3.6.7.2.4	Pohyby bránice.....	54
3.6.7.3	Lepší snesitelnost oproti invazivnímu odsávání	55

3.6.7.4	Redukce opakujících se plicních infekcí a prevence hospitalizace.....	55
3.6.7.5	Komfort pacienta.....	56
3.6.7.6	Snížení pocitu dušnosti.....	57
3.6.7.7	Zkrácení času terapie.....	57
4	KAZUISTIKA.....	58
5	DISKUZE.....	61
6	ZÁVĚR.....	64
7	SHRNUTÍ.....	65
8	SUMMARY.....	66
9	REFERENČNÍ SEZNAM.....	67
10	PŘÍLOHY.....	81

1 ÚVOD

Pod pojmem hygiena si jistě každý představí každodenní vnější očistu svého těla. Málokdo si ale uvědomí, že je důležité udržovat tělo čisté i zevnitř. Nejinak je tomu i u dýchacích cest, které toto pravidlo potvrzují. Hygiena dýchacích cest je zajištěna pomocí dvou základních mechanismů – mukociliárního transportu a kašle. U některých onemocnění jsou však tyto mechanismy porušeny.

Poruchy expektorace jsou jedním z doprovodných problémů řady onemocnění. Mohou to být onemocnění dýchacího systému, onemocnění centrálního nebo periferního motoneuronu nebo také nervosvalová onemocnění spojená s oslabením nádechových i výdechových svalů. Neefektivní expektorace následně zvyšuje riziko vzniku sekundárních problémů – rozvoj infekcí dýchacích cest, atelektáza a respirační selhání.

V péči o nemocného s oslabenými dýchacími svaly je nutné zajistit v co největší míře efektivní odstranění bronchiální sekrece. U pacientů s výrazným oslabením dýchacích svalů jsou již svaly oslabeny natolik, že použití běžných technik hygieny dýchacích cest není možné, a proto je potřeba použít další techniky a postupy. Vzhledem k tomu, že onemocnění každého pacienta má velice individuální charakter, je zapotřebí znát různé terapeutické postupy, které můžeme podle aktuální situace volit, či kombinovat. V závislosti na míře oslabení dýchacích svalů je v rámci rehabilitační péče na terapeutovi, zda zvolí techniky čistě aktivní, aktivně asistované, či pasivní. V rozhodování je však nutné brát ohled na stav pacienta, zvolit adekvátní metodu a v případě potřeby zahájit terapii za pomoci mechanické přístrojové podpory. Jednou z nich je také CoughAssist. Přístroj, který u takto nemocných dokáže díky svému nastavení simulovat přirozený kašel a umožní odstranění nahromaděné sekrece v dýchacích cestách.

V současné době existuje množství alternativ drenážních technik, které lze v rehabilitační péči použít. Neboť nejsou všechny tyto techniky v klinické praxi standartně využívány, bude tato práce zaměřena na popis a využití jednotlivých drenážních technik, ale také na přehled studií, které byly provedeny zejména v zahraničí pro ověření jejich efektivity a účinku u onemocnění, která jsou spojena s poruchou expektorace.

2 CÍLE

Cílem bakalářské práce je podat základní informace o možnostech terapie u pacientů s poruchami expektorace na podkladě výrazného oslabení dýchacích svalů. Mezi dílčí cíle patří objasnění principu a mechanismu kašle z hlediska fyziologie a patofyziologie, popis jednotlivých onemocnění spojených s poruchami expektorace a přehled jednotlivých drenážních technik včetně komplexních informací o mechanickém přístroji. Součástí práce bude i kazuistika pacientky užívající CoughAssist.

3 PŘEHLED POZNATKŮ

3.1 Fyziologie a mechanismus kašle

Polverino et al. (2012) definují kašel jako obranný reflex, který pomáhá odstraňovat nadbytečnou sekreci z dýchacích cest. Tento mechanismus umožňuje organismu ochranu zejména před aspirací cizích materiálů, patogenů a nahromaděné sekrece.

Reflexní oblouk kašle má 3 základní složky (Obrázek 1). První složkou je aferentní dráha, kterou impulzy z receptorů kašle míří cestou n. vagus do CNS. Dále centrum kašle, které se nachází v horní části mozkového kmene a mostu, a nakonec eferentní dráha zajišťující přenos informace z centra cestou n. vagus, n. phrenicus a spinálních motorických nervů do bránice a k výdechovým svalům, jenž zajistí kašel jako takový (Polverino et al., 2012). Kromě toho, že kašel lze iniciovat vědomě, může být vyvolán i podrážděním mechanoreceptorů nebo chemoreceptorů (Boitano, 2006).

3.1.1 Aferentní dráha

Veškeré aferentní informace jsou zprostředkovány vagovou cestou, proto může být kašel vyvolán podrážděním pouze těch oblastí, které jsou inervovány n. vagus (Chang, 2005). Hlavními reflexogenními zónami jsou larynx a tracheobronchiální strom. Kromě těchto respiračních oblastí byly rozeznány i další oblasti, které jsou schopné vyvolat kašel, např. proximální gastrointestinální trakt (Fontana & Lavorini, 2006). Nervová zakončení aferentních vláken n. vagus se nachází v průběhu dýchacích cest od hrtanu po plicní parenchym. Jednotlivá zakončení nemají stejné vlastnosti. Diferencují se podle původu, lokalizace v dýchacích cestách, elektrofyzilogických a fyziologických vlastností (Mazzone, 2004). Podle těchto vlastností rozdělujeme receptory na rychle se adaptující receptory (RARs), pomalu se adaptující receptory (SARs) a C vlákna (Polverino et al., 2012).

a) Rychle se adaptující receptory

Rychle se adaptující receptory mají své umístění pod epitelem především intrapulmonálních dýchacích cest, nebo přímo v něm. Svůj název nesou právě díky rychlé adaptaci na neustále se měnící plicní napětí. Rychlost vedení vzruchu malými myelinizovanými axony je 4–18 m/s (Canning, Mori, & Mazzone, 2006; Polverino et al., 2012). RARs vychází z neuronů v nodozním gangliu (Chang, 2005). Tento druh receptorů je rovněž označován jako dynamický receptor, a to hlavně z toho důvodu, že reaguje především na změny mechanických vlastností dýchacích cest (např. průměr, délka, intersticiální

a intraluminální tlak). K dalším specifickým vlastnostem patří odpověď na změny dynamické plicní roztažnosti, plicní kolaps nebo plicní stažení. RARs reagují na dynamickou plicní roztažnost, a proto jsou citlivé i na bronchospasmus. V průběhu respiračního cyklu jsou aktivní pouze minimálně. Jejich aktivace je zahájena na základě plicní inflace nebo deflace. Obecně platí, že s rostoucí rychlostí a objemem plicní inflace a deflace jejich aktivita roste. RARs jsou téměř necitlivé na přímé chemické podněty. Může však nastat situace, že látky jako histamin, kapsaicin, substance P a bradykinin způsobí zvýšení sekrece hlenu nebo vzniku edému, což vede k bronchospamu a obstrukci. To pak připomíná mechanickou změnu plicní inflace nebo deflace, která opět zvýší aktivitu rychle se adaptujících receptorů (Canning et al., 2006; Polverino et al., 2012).

b) Pomalu se adaptující receptory

Skupina pomalu se adaptujících receptorů je vysoce citlivá na mechanické stimuly přicházející do plic v průběhu dýchání (Polverino et al., 2012). Aktivita pomalu se adaptujících receptorů stoupá s nádechem a vrcholu dosahuje těsně před expiriem. Regulují tzv. Hering-Breuerův reflex, který ukončuje nádech a zahajuje výdech v okamžiku, kdy plíce nabydou adekvátního rozšíření. Na rozdíl od rychle se adaptujících receptorů se na měnící se roztažení plic adaptují podstatně pomaleji. Jejich činnost je řízena centrálně inhibicí dýchání a inhibicí cholinergního přenosu do dýchacích cest. Následkem toho dochází ke snížení aktivity n. phrenicus a snížení napětí hladké svaloviny v dýchacích cestách (Canning et al., 2006; Polverino et al., 2012). Zakončení pomalu se adaptujících receptorů se nachází na různých místech stěny dýchacích cest, zejména pak v periferních dýchacích cestách (alveoly a bronchioly). Pouze výjimečně se nachází dendritické větve v hladké svalovině bronchů. SARs mají také vliv na vytváření dechového vzoru a jsou aktivní prakticky v průběhu celého dechového cyklu. Zvýšené množství oxidu uhličitého v krvi snižuje aktivitu těchto receptorů, což může mít za následek jak facilitaci, tak i inhibici kašle (Canning et al., 2006).

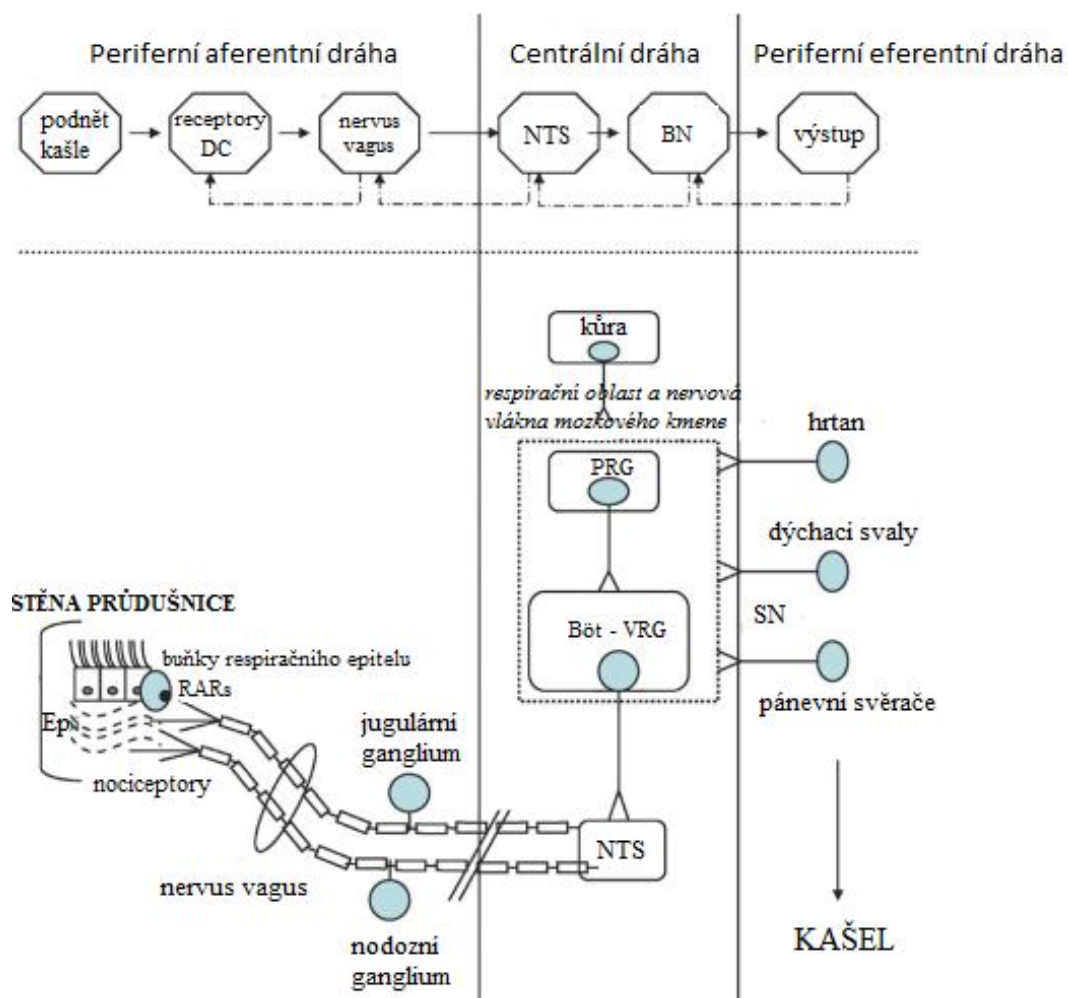
c) C vlákna

Největší skupinu vagových vláken inervujících dýchací cesty a plíce tvoří nemyelinizovaná C vlákna. Na rozdíl od RARs a SARs jsou považována spíše za chemoreceptory, které reagují na přímou stimulaci především bradykininu a kapsaicinu. Naopak téměř intaktní jsou k mechanickým podnětům a plicní inflaci (Canning et al., 2006; Polverino et al., 2012).

Aktivace těchto nociceptorů dýchacích cest se děje spíše díky přímé stimulaci nociceptorových nervových zakončení. Méně se můžeme setkat s reakcí sekundární, a to změnami napětí hladké svaloviny dýchacích cest, sekrecí hlenu nebo vznikem edému (Mazzone, 2004). Pokud nejsou drážděna žádnými chemickými stimuly, jsou během dechového cyklu v klidu. Současně s aktivitou C vláken probíhá i aktivace parasympatiku spojená s následnou apnoí, bradykardií a hypotenzí (Canning et al., 2006; Polverino et al., 2012). Aferentní vlákna vychází z nodozního ganglia, jugulárního ganglia, nebo spinálního ganglia. Rychlost vedení vzruchu je u těchto vláken menší než 1,5 m/s (Mazzone, 2004).

3.1.2 Centrum kašle

Informace z jednotlivých mechanoreceptorů a chemoreceptorů jsou přepojeny v nucleus tractus solitarii (nTS), odkud míří do různých neuronů mozkového kmene (Čáp & Vondra, 2013). SARs končí v subnucleus ventro-lateralis a medialis nTS. Zakončení RARs se nachází v kaudální části nTS (Fontana & Lavorini, 2006). Nucleus tractus solitarius je považován za oblast největší modulace reflexu kašle. Síť vláken mozkového kmene se kromě vytváření dechového vzoru podílí také na tvorbě motorického vzoru reflexu kašle a dalších obranných mechanismů dýchacích cest (Chang, 2005; Čáp & Vondra, 2013).



- Vysvětlivky:
- NTS – nucleus tractus solitarius
 - BN – síť nervových vláken mozkového kmene (brainstem network)
 - SN – síť nervových vláken v oblasti míchy (spinal network)
 - PRG – skupina respiračních buněk v oblasti Varolova mostu (pontine respiratory group)
 - Böt - VRG – Bötzingervův respirační komplex (Bötzingervův a ventral respiratory group)
 - RARs – rychle se adaptující vlákna (rapid adapting receptor)
 - DC – dýchací cesty
 - Ep – epitel

Obrázek 1. Reflex kašle (upraveno dle Chang, 2005, 3)

3.1.3 Eferentní dráha

Samotný mechanický projev kašle můžeme rozdělit do 3 fází: inspirační, kompresní a expirační, přičemž každá fáze má svá specifika (Boitano, 2006; McCool, 2006; Polverino et al., 2012).

a) Inspirační fáze

Inspirační fáze je zahájena prudkým nádechem způsobeným kontrakcí bránice a pomocných nádechových svalů. Prudký nádech je podpořen i aktivní abdukci glottis. Čím více vzduchu je vdechnuto, tím dojde k většímu protažení výdechových svalů. Svaly jsou potom schopny vygenerovat dostatečnou sílu, která je nezbytná pro expirační fázi kašle. S rostoucím množstvím nadechnutého vzduchu a protažení výdechových svalů dochází také ke zvýšení nitrohruďního tlaku a zvýšení proudu i objemu vydechovaného vzduchu (Boitano, 2006). V průběhu inspirační fáze redukuje odpor horních dýchacích cest abduktory laryngu – m. crycoarytenoideus posterior a m. cricothyroideus (Fontana & Lavorini, 2006).

b) Kompresní fáze

Téměř současně se zahájením kontrakce výdechových svalů dochází k addukci glottis. Délka trvání této fáze je přibližně 0,2 s. Při glottické uzávěre se výdechové svaly aktivují izometricky a dále se zvyšuje nitrohruďní tlak. Nitrohruďní tlak v průběhu této fáze dosahuje hodnot přibližně 300 cm H₂O (Boitano, 2006). Uzávěr glottis je zajišťován adduktory laryngu – m. thyroarytenoideus a m. arytenoideus. Abduktory laryngu jsou v této fázi aktivní pouze minimálně (Fontana & Lavorini, 2006). McCool (2006) ještě dodává, že vysoký nitrohruďní a nitrobřišní tlak vzniklý v průběhu této fáze může přecházet do CNS a mediastina a způsobovat některé komplikace kardiovaskulárního, gastrointestinálního, muskuloskeletárního a neurologického systému.

c) Expirační fáze

Na počátku expirační fáze se během 20–40 ms prudce otevře glottis. S kontrakcí výdechových svalů pokračuje růst pleurálního a alveolárního tlaku a počáteční vrcholový proud vydechovaného vzduchu by měl dosáhnout hodnot 12 l/s. Po této fázi následuje delší expirační fáze trvající 0,2–0,5 s, kdy se množství vydechnutého vzduchu pohybuje kolem 3–4 l/s (Boitano, 2006). Expirační fázi kašle při otevření glottis provází aktivita m. cricoarytenoideus posterior, přičemž skupina adduktorů laryngu je potlačena. Významnou

roli při výdechu hrají svaly břišní stěny. Konkrétně se jedná o m. rectus abdominis, m. obliquus externus a internus a m. transversus abdominis. Při jejich kontrakci dochází ke stlačení břišní stěny a zvýšení nitrobřišního tlaku. Bránice je vytlačována kraniálně, objem plic se zmenšuje a pleurální tlak zvětšuje. Exspirace je díky úponům svalů na žebra podpořena i depresí žeber (Fontana & Lavorini, 2006).

3.2 Vyšetřovací metody

Mezi nejčastěji používané vyšetřovací metody, které mohou napomoci určit příčinu poruch expektorace, patří spirometrie, celotělová pletysmografie, měření proudu vydechovaného vzduchu, měření vrcholového proudu vydechovaného vzduchu při kašli, měření síly dýchacích svalů, pulzní oxymetrie a měření rozvíjení hrudníku. Jednotlivé manévry jsou do velké míry závislé na úsilí a spolupráci pacienta. To může být problém hlavně u starších lidí, dětí, pacientů s kognitivní poruchou a nemocných s vážnými postiženími dýchacích cest (Liang, Lam, & Feng, 2012).

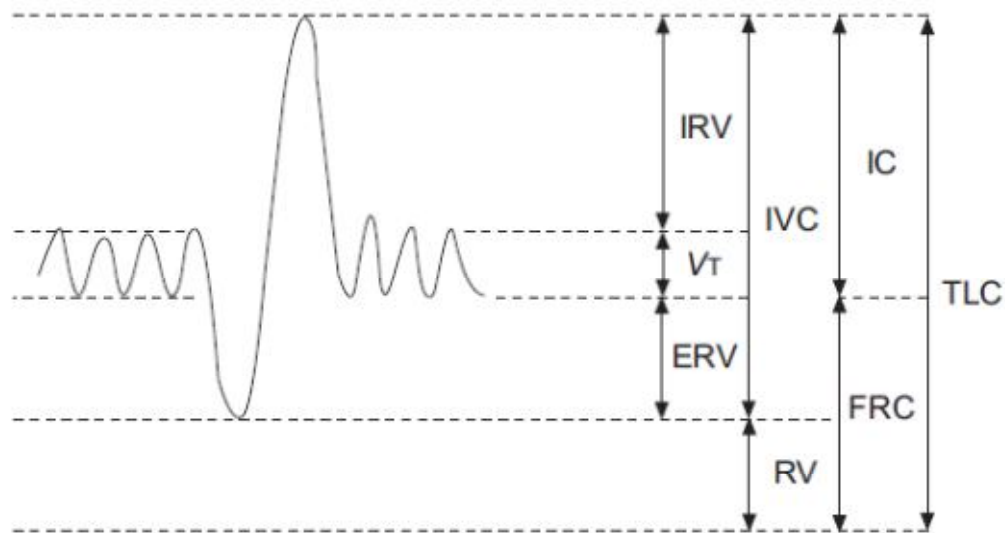
3.2.1 Spirometrie

Spirometrie je jednoduchý neinvazivní test, kterým měříme statické a dynamické plicní objemy (Behr & Furst, 2008). Spirometry mohou být rozděleny na přístroje určující objem a přístroje citlivé na průtok. První typ přístroje je určen zejména k měření objemu vydechnutého vzduchu. Druhý typ umožňuje měření průtoku vzduchu (objem vzduchu za jednotku času) několika způsoby. Jedním z nich je pneumotachograf (Wanger, 2012). Při tomto měření získáváme kromě základních dynamických plicních objemů také rychlosti výdechových (resp. nádechových) průtoků. Graficky jsou výsledky zaznamenány do tzv. smyčky průtok-objem, která je spojením jak nádechové, tak výdechové křivky (Kandus & Satinská, 2001).

Jednou z hlavních podmínek správného spirometrického vyšetření je správné nastavení přístroje a správná technika při vyšetřování (Behr & Furst, 2008). Před začátkem měření se musíme ujistit, že se pacient cítí pohodlně a je bezpečně usazen. Od pacienta je také potřeba zjistit pohlaví, věk, váhu a výšku (Bellamy, 2005). Výsledky měření jsou zaznamenány do spirogramu, který popisuje závislost mezi časem a objemem nadechnutého či vydechnutého vzduchu (Kandus & Satinská, 2001).

3.2.1.1 Statické plicní objemy a kapacity

Statické plicní objemy nejsou na rozdíl od dynamických popisovány ve vztahu k času (Obrázek 2) (Fišerová, Chlumský, & Satinská, 2004). Např. základní vyšetření vitální kapacity je zahájeno co největším nádechem. Poté následuje krátké zadržení dechu a plynulý volný výdech do té doby, než je výdech kompletně dokončen (Bellamy, 2005).



Vysvětlivky:	IRV	– inspirační rezervní objem (inspiratory reserve volume)
	V _t	– klidový objem (tidal volume)
	ERV	– expirační rezervní objem (expiratory reserve volume)
	IVC	– inspirační vitální kapacita (inspiratory vital capacity)
	RV	– reziduální objem (residual volume)
	IC	– inspirační kapacita (inspiratory capacity)
	FRC	– funkční reziduální kapacita (functional residual capacity)
	TLC	– celková plicní kapacita (total lung capacity)

Obrázek 2. Statické plicní objemy a kapacity (Wanger et al. 2005, 512)

Tabulka 1. Statické plicní objemy a kapacity měřitelné spirometrií (upraveno dle Kandus & Satinská, 2001)

Značka	Parametr	Popis parametru
IRV	inspirační rezervní objem	množství vzduchu nadechnuté po normálním nádechu
Vt	dechový objem	objem vzduchu nadechnutý nebo vydechnutý po jednom nádechu nebo výdechu
ERV	expirační rezervní objem	množství vzduchu vydechnuté po normálním výdechu
VC	vitální kapacita	maximální množství vzduchu vydechnuté po maximálním nádechu
FVC	usilovná vitální kapacita	maximální objem vzduchu prudce vydechnutý po maximálním nádechu
DF	klidová dechová frekvence	počet nádechů za minutu

3.2.1.2 Dynamické plicní objemy

Vyšetření dynamických plicních objemů je zahájeno maximálním nádechem, který je následován krátkým zadržením dechu. Poté je pacient vyzván k co nejsilnějšímu a nejrychlejšímu usilovnému výdechu (Bellamy, 2005).

Tabulka 2. Dynamické plicní objemy měřitelné spirometrií (upraveno dle Kandus & Satinská, 2001)

Značka	Parametr	Popis parametru
MV	minutová ventilace	objem vzduchu v plicích po maximálním výdechu
FEV ₁	usilovně vydechnutý objem za 1 sekundu	objem vzduchu v plicích a dýchacích cestách na konci klidného výdechu
FEF ₂₅₋₇₅	maximální střední výdechová rychlost ve střední polovině vydechnuté FVC	průtok vzduchu v plicích po maximálním nádechu
FEF ₇₅₋₈₅	usilovný průtok na konci výdechu	měřeno v libovolném čase a stupni komprese hrudníku
FEV ₁ %VC	Tiffenauův index	usilovná vitální kapacita za 1 sekundu v % VC

3.2.1.3 Křivka průtok-objem

Sestavení křivky průtok-objem, která je založena na usilovných nádechových manévrech, může být důležité jak pro hodnocení kvality těchto manévřů, tak i odhalení obstrukce horních cest dýchacích. Při testech pro sestavení křivky průtok-objem si pacient vloží náústek do úst a provede co největší nádech. Poté bez prodlení vydechne co největší silou všechen vzduch. Tento manévr je okamžitě následován maximálním rychlým nádechem. V tuto chvíli vyšetření končí. Další varianta tohoto testu je zahájena klidovým dýcháním. Poté vyšetřovaný pomalu vydechne na úroveň reziduálního objemu. Následuje pomalý nádech až na hranici celkové kapacity plic. Při dosažení maximálního nádechu pacient co největším úsilím a co nejrychleji vydechne opět na úroveň reziduálního objemu a poté provede stejně rychlý, usilovný, maximální nádech (Miller et al., 2005).

Tabulka 3. Parametry zjistitelné z křivky průtok-objem měřitelné spirometrií (upraveno dle Kandus & Satinská, 2001)

Značka	Parametr
PEF	vrcholový expirační průtok
MEF, FEF	okamžité výdechové průtoky na různých úrovních vydechnuté FVC
A_{ex}	plocha pod výdechovou částí křivky průtok-objem
MIF_{50}	střední nádechová rychlost na úrovni 50% nadechnuté FVC
PIF	maximální průtok na vrcholu nádechu
MIF_{50}/MEF_{50}	poměr středního inspiračního a expiračního průtoku
PIF/PEF	poměr vrcholového inspiračního a expiračního průtoku

3.2.2 Celotělová pletysmografie

Celotělová pletysmografie je komplexní metoda, která umožňuje měření reziduálního objemu (RV), celkové plicní kapacity (TLC), odporu dýchacích cest a objemu vzduchu v hrudní dutině (ITGV) za klidových podmínek (Behr & Furst, 2008). Tato testovací metoda využívá Boyle-Mariottova zákona, který říká, že součin tlaku a objemu za izotermických podmínek je konstantní (Fišerová et al., 2004; Kandus & Satinská, 2001).

Samotné testování probíhá ve vzduchotěsné kabině, ve které vyšetřovaná osoba sedí a dýchá přes pneumotachograf (Fišerová et al., 2004). Vyšetřovaná osoba sedí pohodlně tak, aby dosáhla na náústek bez toho, aniž by flektovala či extendovala krk, a použije nosní klip. Dveře kabiny se uzavřou, pacient obemkne ústy náústek a chvíli pouze dýchá klidně (3–10 nádechů). Jakmile se vyšetřovaný dostane k hranici funkční reziduální kapacity, záklopka je na konci výdechu na 1–2 sekundy uzavřena a provede několik dechových pohybů frekvencí 0,5–1 Hz. Je potřeba provést 3–5 pokusů (Wanger et al., 2005).

Tabulka 4. Měřené parametry (Kandus & Satinská, 2001)

Značka	Parametr [l]	Popis parametru
RV	reziduální objem	objem vzduchu v plicích po maximálním výdechu
FRC	funkční reziduální kapacita	objem vzduchu v plicích a dýchacích cestách na konci klidného výdechu
TLC	celková plicní kapacita	objem vzduchu v plicích po maximálním nádechu
TGV	objem vzduchu v hrudníku	měřeno v libovolném čase a stupni komprese hrudníku

3.2.3 Měření proudu vydechovaného vzduchu

Vrcholový proud vydechovaného vzduchu (PEF) je vyšetřován nejčastěji mechanickým výdechoměrem. Měření je prováděno po maximálním nádechu během prvních 100 ms usilovného výdechu (Kandus & Satinská, 2001). Poté, co se člověk maximálně nadechne, musí okamžitě bez prodlení vydechnout co největší silou. Krční páteř testovaného by měl být v neutrální pozici. Nosní uzávěr není potřeba. Pokud by došlo k zaváhání cca 2 s nebo flexi krční páteře, mohlo by dojít k poklesu PEF až o 10 %. Je zapotřebí provést minimálně 3 manévry. Výsledky jsou vyjádřeny v l/min (Miller et al., 2005).

3.2.4 Měření vrcholového proudu vydechovaného vzduchu při kašli

Měření vrcholového proudu vydechovaného vzduchu při kašli (PCF) se stejně jako PEF provádí mechanickým výdechoměrem. Pro správné provedení je potřeba pacienta správně zainstruovat. Pacient je instruován, aby co nejsilněji zakašlal. U pacientů s nervosvalovým onemocněním se provádí ve 4 různých provedeních:

1. **Neasistovaný PCF** – pacient je vyzván k maximálnímu nádechu a poté k co nejsilnějšímu kašli.
2. **Manuálně asistovaný PCF** – pacient je vyzván k maximálnímu nádechu a poté k co nejsilnějšímu kašli, který terapeut podpoří prudkým tlakem do oblasti břicha.
3. **PCF s podporou maximální inspirační kapacity** – pacient je vyzván k maximálnímu nádechu, který je možný udržet přes zavřenou glottis a který je ještě podpořen prostřednictvím manuálního resuscitátoru. Následuje nejsilnější možný kašel.
4. **Manuálně asistovaný PCF s podporou dosažení maximální inspirační kapacity** – zde se jedná o kombinaci podpory nádechu do maximální inspirační kapacity a manuální podpory oblasti břicha do výdechu.

Každý z těchto 4 manévru je proveden třikrát, přičemž je zaznamenána nejvyšší hodnota (Kang, S. W., Kang, Y. S., Moon, & Yoo, 2005).

3.2.5 Měření síly dýchacích svalů

V klinické praxi se síla dýchacích svalů měří nepřímo prostřednictvím tlaků vzniklých v průběhu inspirace a expirace. Tlak vytváří celé skupiny vyšetřovaných svalů (inspirační a expirační), netestují se jednotlivé svaly. Tlak může být měřen v nose, ústech, jícnu, nebo napříč bránicí. V ústech je tlak měřen v průběhu několikasekundového maximálního nádechu (Müllerův manévr) nebo výdechu (Valsalvův manévr). Manévr je obecně prováděn z reziduálního objemu (RV) pro maximální tlak při nádechu (P_Imax) a z celkové plicní kapacity (TLC) pro maximální tlak při výdechu (P_Emax). Během měření nesmí unikat vzduch a vyloučit se musí i součinnost svalů tváře. Preferovanou pozicí pro vyšetřování je sed. K provedení testu se používá náústek. V některých případech (hlavně u pacientů s nervosvalovým onemocněním) je výhodnější použít obličejovou masku. Počet opakování jednotlivých měření se u různých autorů liší. Obecně však stačí 5 měření k tomu, aby výsledky byly validní. Lze měřit také přímo svalovou sílu bránice. Tento údaj získáváme

měřením tlaků volní aktivitou nebo elektrickou nebo magnetickou stimulací n. phrenicus či motorických kořenů (Troosters, Gosselink, & Decramer, 2005).

3.2.6 Pulzní oxymetrie

Pulzní oxymetr je přístroj, který je vybaven fotodetektořem a zdrojem červeného a infračerveného záření. Umisřuje se nad pulzující kapiláru. V závislosti na různé koncentraci kyslíku v krvi dochází k pohlcování záření. Míra pohlcení záření je dána právě saturací hemoglobinu kyslíkem (Kandus & Satinská, 2001).

Měřením můžeme získat celkem 2 základní údaje: množství kyslíku v hemoglobinu arteriální krve a pulz. Díky této metodě dokážeme rozpoznat hypoxémii dříve, než se projeví klinické příznaky. Saturace hemoglobinu kyslíkem je měřena pulzním oxymetrem, jenž se aplikuje nejčastěji na prst na ruce, palec na noze nebo na ucho. Pak mluvíme o periferní saturaci krve, kterou značíme SpO₂ (WHO, 2011). Dle Kanduse a Satinské (2001) je hranice normoxémie stanovena na 94 %. Hodnoty menší než 92 % jsou pak indikací k laboratornímu vyšetření krevních plynů.

3.2.7 Měření rozvíjení hrudníku

Pro hodnocení rozvíjení hrudníku se používá pásková míra. Metr se přikládá ve 4 úrovních. První je v úrovni axil, dále 4. mezižebří (mesosternale), v úrovni processus xiphoideus (xiphosternale) a v polovině vzdálenosti umbilicus a processus xiphoideus. Měří se při klidovém dýchání, při maximálním inspiriu a maximálním expiriu. Výsledek pohyblivosti hrudníku představuje rozdíl mezi hodnotou při maximálním nádechu a hodnotou při maximálním výdechu. V případě, že rozdíl se nachází pod hranicí 2,5 cm, mluvíme o sníženém rozvíjení hrudníku (Neumannová & Kolek, 2012).

3.3 Poruchy expektorace

Schopnost kašle je jedním z nejdůležitějších obranných mechanismů, který umožňuje odstranění nadměrné sekrece nebo cizího tělesa z dýchacích cest. V případě, že je tento mechanismus narušen, může docházet k závažným zdravotním komplikacím (Anderson, Hasney, & Beaumont, 2005). Poruchy kašle mohou být výsledkem deficitu jak motorického systému (vygenerování adekvátního PCF), tak i senzitivního (reflex kašle) (Ebihara et al., 2003).

3.3.1 Poruchy jednotlivých fází kašle

Při oslabení dýchacích svalů jsou postiženy všechny fáze kašle. To vede k různým komplikacím zejména v dýchacím systému, mezi které patří stagnace bronchiální sekrece, tvorba hlenových zátek, riziko aspirace a zvýšený výskyt infekcí (Gauld, 2009; Kravitz, 2009; Miske, Hickey, Kolb, Weiner, & Panitch, 2004).

a) Inspirační fáze kašle

Je-li oslabena inspirační fáze kašle, je to často spojené s oslabením bránice, jakožto hlavního nádechového svalu. Její oslabení vede k neschopnosti dosáhnout adekvátního objemu plic, který je nezbytný k efektivní expirační fázi kašle. Rovněž se objevuje snížení pružnosti hrudní stěny, které se projevuje omezením exkurzí hrudníku při nádechu, a tedy nedostatečnou nádechovou kapacitou potřebnou k efektivnímu kašli (Kravitz, 2009). Navíc výdechové svaly nejsou kvůli tomuto oslabení dostatečně protaženy tak, aby byly schopné využít elastické pružnosti plic a hrudní stěny. Obecně nádech pod 2,5 l není dostatečný pro efektivní kašel (Braverman, 2001b).

b) Kompresní fáze kašle

Oslabení bulbárních svalů omezuje schopnost uzavření glottis (Braverman, 2001b). Při oslabení bulbárních svalů není možné dosáhnout adekvátní maximální nádechové kapacity (maximálního objemu udržitelného v plicích při uzavřené glottis) a ta se snižuje na úroveň vitální kapacity (Chatwin, 2009). V tomto případě nemůže být dosaženo adekvátního nitrohruďního tlaku pro vyvinutí dostatečné síly k efektivní expektoraci sekrece z dýchacích cest. Tato fáze bývá poškozena např. u spinální svalové atrofie nebo amyotrofické laterální sklerózy. Naopak u Duchennovy svalové dystrofie zůstává intaktní (Kravitz, 2009). McCool (2006) však dodává, že při oslabení bulbárních svalů je sice omezeno uzavření glottis, ale při zachování funkce nádechových a výdechových svalů může být proveden huffing, neboť tento manévr je prováděn při otevřené glottis. Dysfunkce bulbárních svalů zvyšuje riziko aspirace, a tím je zvýšeno i riziko infekce dolních cest dýchacích (Gosseling, Kovacs, & Decramer, 1999).

c) Exspirační fáze kašle

Porucha exspirační fáze kašle je spojena s neschopností výdechových svalů vyvinout dostatečnou sílu k vyloučení sekrece z dýchacích cest. Samotné oslabení výdechových svalů je pak ještě zhoršováno faktory souvisejícími s porušenou inspirační fází kašle. Dalším faktorem omezení kašle je fakt, že při nedostatečném nádechu nejsou plně rozšířeny dýchací cesty. Zmenšený průměr dýchacích cest pak vede ke zvýšení odporu při výdechu, a tedy snížení rychlosti průtoku vzduchu (Kravitz, 2009).

Narušený mechanismus kašle tedy můžeme jednoduše shrnout jako výsledek oslabení nádechových svalů (omezení nádechového objemu), bulbárních svalů (porušení správného uzavření glottis a abdukce hlasivek během kompresní fáze kašle) a výdechových svalů (neschopnost vygenerovat dostatečný nitrobřišní tlak pro následnou exspirační fázi kašle) (Lahrman, Wild, Zdrahal, & Grisold, 2003).

3.3.2 Zdravotní komplikace spojené s poruchami expektorace

U pacientů s oslabenými dýchacími svaly na podkladě nervosvalového onemocnění je nejčastější příčinou hospitalizace infekce dýchacího traktu (Chatwin et al., 2003; Chatwin, 2008; Chatwin & Simonds, 2009). Velice často může dojít také k aspiraci. K aspiraci dochází jednak následkem poškození funkce svalů horních cest dýchacích a správné funkce polykání, jednak v důsledku gastroesofageálního refluxu. Méně často může být příčinou obstrukce horních cest dýchacích (Allen, 2010; Braverman, 2001a). Následkem aspirace dochází ke snížení saturace hemoglobinu kyslíkem. Opakované aspirace také ohrožují pacienta vznikem pneumonie a zvyšuje se riziko respiračního selhání (Hanayama, Ishikawa, & Bach, 1997). Pacienti mohou čelit také rozvinutí bronchiektázií a plicní fibrózy (Allen, 2010). Výjimkou není ani vznik hlenových zátek (Braverman, 2001b).

Jednou z nejčastějších komplikací neefektivního odstraňování sekrece z dýchacích cest je atelektáza (Braverman, 2001b; Miske, Hickey et al. 2004). Jedná se v podstatě o kolaps plicí, který může být způsoben uzavřením bronchů. Atelektáza je většinou doprovodným jevem oslabení nádechových svalů, které postupně vede ke ztrátě pružnosti hrudní stěny (Braverman, 2001a). Kang et al. (2006) popisuje snížení pružnosti hrudní stěny z důvodu nedosažení dostatečně nízkého reziduálního objemu. Tím se samozřejmě zvyšuje námaha při dýchání a dochází k únavě hlavních i vedlejších dýchacích svalů (Braverman, 2001a).

Je narušen proces výměny dýchacích plynů. To potom vede k nutnosti dodatečné kyslíkové podpory a respirační acidóze (Miske, Hickey, et al. 2004).

Oslabení výdechových svalů ovlivňuje ventilaci nepřímo tím, že funkce kašle je narušena neschopností odstranit sekreci z plic. To opět vede k poruše ventilace v podobě atelektázy a dalších problémů s tím souvisejících (Braverman, 2001a). Retence sputa v dýchacích cestách způsobuje snížení saturace hemoglobinu kyslíkem. To je časté hlavně u pacientů s nervosvalovým onemocněním (Whitney, Harden, & Keilty, 2002). Pryor a Prasad (2008) zase popisují riziko rozvoje akutních nebo chronických epizod respiračního selhání, a to zejména následkem hrudní infekce a zmnožení sekrece v dýchacích cestách. Pacienti jsou často hospitalizováni a podstupují bronchoskopie, intubace, či tracheostomie (Vianello et al., 2005). Nejkrajnějším vyústěním těchto komplikací je akutní zhoršení respiračního selhání a smrt (Gauld, 2009).

3.3.3 Podmínky efektivní expektorace

Pro efektivní evakuaci sputa z dýchacích cest je vyžadováno, aby hlasivky zvětšily průměr dýchacích cest a člověk se nadechl minimálně do 85–90 % maximální kapacity plic (Anderson et al., 2005; Bach, 1994; Bach, 2003; Chatwin, 2008; Kang, 2006). Sancho et al. (2003) tvrdí, že pacienti s maximální inspirační kapacitou menší než 1,5 l nejsou schopni dosáhnout potřebného vrcholového proudu vydechovaného vzduchu při kašli.

Je nutné mít také intaktní bulbární svaly k rychlému uzavření glottis na 0,2 sekundy (Bach, 2003; Chatwin, 2008; Chatwin, 2009). Nitrohruční tlak během uzavření glottis by měl být 300 mm Hg (McCool, 2006). Stupeň poškození bulbárních svalů lze zjistit rozdílem mezi vrcholovým proudem vydechovaného vzduchu (PEF) a PCF (Servera, Sancho, & Zafra, 2003). Následně je nezbytná aktivace břišních a vnitřních interkostálních svalů k udržení nitrohručního tlaku větší než 190 cm H₂O (Chatwin, 2008; Chatwin, 2009).

Účinnost efektivní expektorace je vysoce závislá na velikosti PCF (Bach, 1993; Sancho, Servera, Díaz & Marín, 2004). Prvotní nárazová vlna PCF trvá 30–50 ms a je následována fází trvající 200–500 ms, která je menší minimálně o polovinu oproti vrcholovým hodnotám (Bach, 1993; McCool, 2006). Ideální hodnota PCF pro efektivní expektoraci se u zdravých dospělých lidí pohybuje mezi 360–1200 l/min (Bach, 1994; Bach, 2003; Chatwin, 2008; Chatwin, 2009). Pro efektivní expektoraci musí dosáhnout hodnot alespoň 160 l/min, a to buď bez asistence, nebo s manuální dopomocí (Kang, 2006). Tento fakt potvrdili Bach a Saporito (1996), kteří prokázali hranici PCF 160 l/min (2,7 l/s) jako minimum pro mobilizaci sekrece

z centrálních dýchacích cest. Dosažení této hodnoty je nezbytné pro zabezpečení expektorace u pacientů, kteří mají být extubováni. Pro děti tyto hodnoty zatím standardizovány nebyly (Bianchi & Baiardi, 2008; Miske, Weiner, & Panitch, 2004). Proto Bianchi a Baiardi (2008) provedli měření 649 zdravých dětí ve věku 4–18 let, které ukázalo PCF u chlapců 130–950 l/min a u dívek 110–660 l/min. V každém případě záleží na pohlaví, výšce a váze testovaného dítěte. He et al. (2013) potvrzuje, že co se týče dětí, tak adekvátní PCF je stále neznámé a nebylo dosud standardizováno.

Výdechový objem vzduchu během normálního kašle je $2,3 \pm 0,5$ l (Bach, 1994; Bach, 2003). Pokud vitální kapacita plic klesne pod 1,5 l, kašel začne být v evakuaci sekrece z dýchacích cest neefektivní (Anderson et al., 2005; Lahrman et al., 2003; Servera et al., 2003). Jestliže je jedna nebo více z těchto komponent poškozena, člověk není schopen vygenerovat požadované hodnoty vrcholových průtoků, které jsou nezbytné pro efektivní kašel, a tím je mechanismus kašle negativně ovlivněn (Chatwin, 2009).

3.3.4 Příčiny oslabení dýchacích svalů a následné neefektivní expektorace u jednotlivých typů onemocnění

3.3.4.1 Duchennova svalová dystrofie

Duchennova svalová dystrofie je dědičné nervosvalové onemocnění spojené s nedostatečnou tvorbou dystrofinu. Jeho nedostatek způsobí rozkládání stěn svalových buněk a buňka v podstatě umírá (Kravitz, 2009). Výsledkem je progresivní ztráta svalové síly, která vede kromě postupné ztráty mobility k oslabení dýchacích svalů a následně respirační insuficienci (Ambrosino, Carpenè, & Gherardi, 2009). U pacientů s Duchennovou svalovou dystrofií bývají postiženy jak inspirační, tak expirační svaly rovnoměrně (Gauld, 2009; Kravitz, 2009).

Respirační insuficience a snížení kvality kašle úzce souvisí také se skoliózou, která se u takto nemocných často vyskytuje (Braverman, 2001b; Kravitz, 2009; Miske, Hickey et al., 2004). Miske, Hickey et al. 2004 jako její následek uvádí snížení nitrohruďního tlaku při výdechu a snížení výdechového průtoku. Skolióza přispívá snížením pružnosti hrudní stěny (Baverman, 2001b). Ta znevýhodňuje mechaniku práce dýchacích svalů a pacient se nemůže pořádně nadechnout (Gauld, 2009). Usilovná vitální kapacita klesá postupně s progresí onemocnění. Kombinací snížení pružnosti hrudní stěny a oslabení bránice a dalších nádechových svalů dochází ke snížení maximálního inspiračního tlaku, inspirační a vitální kapacity, které jsou nedílnou podmínkou efektivního kašle (Baverman, 2001b). Až 90 %

respiračních selhání a epizod pneumonie je zapříčiněnou pacientů s Duchennovou svalovou dystrofií neefektivní expektorací (Gomez-Merino & Bach, 2002).

3.3.4.2 Roztroušená skleróza

Oslabení dýchacích svalů u pacientů s roztroušenou sklerózou vychází ze samotné příčiny tohoto onemocnění. Tou je destrukce myelinu, oligodendrocytů a axonů, která vede ke zhoršení přenosu vzruchů (White & Dressendorfer, 2004). Pacienti s roztroušenou sklerózou mají většinou slabší výdechové svaly oproti nádechovým, protože progresse onemocnění postupuje vzestupně od spodní části těla (Laghi & Tobin, 2003). Tím, že je zde evidentně vyšší deficit funkce exspiračních svalů, je narušena zejména exspirační fáze kašle (Gosselink et al. 1999). Smeltzer, Lavietes a Cook (1996) však prokázali, že u pacientů s roztroušenou sklerózou na vozíku a dlouhodobě ležících pacientů jsou oslabeny i svaly nádechové.

3.3.4.3 Parkinsonova choroba

Parkinsonova choroba souvisí se zánikem dopaminergních neuronů v substantia nigra (Dauer & Przedborski, 2003). Motorický deficit nepostihuje pouze svaly končetin, nýbrž i svaly hrudníku a krku (Fontana, Pantaleo, Lavorini, Benvenuti, & Gangemi, 1998). Zatímco síla nádechových svalů se u pacientů s Parkinsonovou chorobou snižuje až v pokročilejších stadiích, jejich vytrvalost je nízká již od počátku. S postupnou progresí choroby se snižuje také síla výdechových svalů, která je spojená s jejich zhoršujícím se zapojováním, což má přímý vliv na neefektivitu kašle (Laghi & Tobin, 2003). Neefektivitu kašle u pacientů s m. Parkinson potvrdili ve své studii i Ebihara et al. (2003), když zjistili signifikantní rozdíl mezi PCF u pacientů s mírným i pokročilým stadiem Parkinsonovy nemoci oproti zdravé kontrolní skupině.

3.3.4.4 Amyotrofická laterální skleróza

Amyotrofická laterální skleróza je závažné progresivní onemocnění postihující centrální i periferní motoneurony. Kromě ostatních kosterních svalů jsou postiženy dýchací svaly (nádechové i výdechové) a pacienti většinou do 1 až 3 let umírají (Lechtzin, 2006; Laghi & Tobin, 2003). Schopnost kašle je zde zhoršována s postupující progresí onemocnění. Oslabení nádechových svalů vede ke snížení vitální kapacity a snížení pružnosti hrudníku, oslabené výdechové svaly způsobí snížení nitrohrudního tlaku během kašle a těžká dysfunkce

bulbárních svalů souvisí s neschopností uzavření glottis, což má přímý vliv na snížení maximální inspirační kapacity, a tedy i pružnosti plic, které jsou nezbytné pro efektivní kašel (Bach, 2003). Pokud jsou bulbární svaly oslabeny, maximální nádechová kapacita je srovnatelná s vitální kapacitou, což snižuje efekt kašle (Chatwin, 2009). Hlavní příčinou úmrtí pacienta je plicní infekce, respirační selhání a hromadění sekrece v dýchacích cestách jako důsledek neefektivního kašle (Braverman, 2001a; Laghi & Tobin, 2003; Lechtzin, 2006; Sancho et al. 2004).

3.3.4.5 Syndrom Guillain-Barré

Syndrom Guillain-Barré je jednou z příčin akutní paralýzy dýchacích svalů na podkladě bakteriální nebo virové infekce. Je způsobena demyelinizací, nebo výjimečně degenerací axonu periferních nervů. Tato choroba může vést k respiračnímu selhání již během několika hodin (Laghi & Tobin, 2003). Pacienti, u kterých došlo k rapidnímu snížení maximálních inspiračních (> -30 cm H₂O) a expiračních tlaků (< 40 cm H₂O) a vitální kapacity (cca 1 l), jsou odkázáni na umělou plicní ventilaci (Yavagal & Mayer, 2002). Respirační selhání je zde výsledkem oslabení bránice a interkostálních svalů, dále oslabení svalů jazyka, hrtanu a hltanu a z toho plynoucí snížená schopnost čištění orální a bronchiální sekrece (Sundar et al., 2005).

3.3.4.6 Spinální svalová atrofie

Onemocnění je charakterizováno jako geneticky podmíněná choroba spojená s degenerací neuronů předních rohů míšních a motorických neuronů mozkového kmene, která směřuje k atrofii kosterního svalstva. Podle závažnosti se dělí na 3 typy, kde přežití pacienta závisí na míře respiračních komplikací (Zárate-Aspiros et al., 2013; Loos, Leclair-Richard, Mrad, Barois, & Estournet-Mathiaud, 2004). Spinální svalová atrofie zasahuje zejména interkostální svaly, naopak bránice bývá postižena méně (Chatwin, Bush, & Simonds, 2011; Loos et al., 2004). V pozdějších stádiích onemocnění se však přidává i paralýza bránice, která je již život ohrožující komplikací, a s postupující progresí obrny je nevyhnutelná permanentní ventilační podpora (Giannini et al., 2006).

3.3.4.7 Traumatická poranění míchy

U pacientů s traumatickým poraněním míchy je důležité, v jaké úrovni je mícha poškozena a také to, jestli se pacient nachází v akutním stadiu poranění, nebo již přešel

do stadia chronického (Brown, DiMarco, Hoit, & Garshick, 2006). U poranění nad úrovní motoneuronů n. phrenicus (C3–C5) dochází k výpadku jak nádechových, tak i výdechových svalů a pacient je odkázán na umělou plicní ventilaci nebo na stimulaci n. phrenicus. U nižších lézí je možnost dýchání bez mechanické podpory (Brown et al., 2006). Pacienti s míšními lézích v rozmezí C4–C8 již mohou zapojit bránici a svaly krku, nicméně hlavní výdechové svaly a interkostální svaly jsou stále intaktní. Určitý podíl na výdechu může zajistit m. pectoralis major. U pacientů s lézích v oblasti hrudní části míchy stále zůstávají nefunkční břišní svaly, ale v závislosti na výšce léze již mohou být aktivní interkostální svaly (Laghi & Tobin, 2003). Dle Braverman (2001c) pacienti s lézích nižší etáže krční míchy (C6–C8) a s vyšší hrudní míchy (Th1–Th6) mají ze 60 % oslabeny nádechové svaly.

U pacientů s tetraplegií se již 1 hodinu po zranění objevuje komplikace ve formě bronchiální hypersekrece. Předpokládá se, že je způsobena ztrátou kontroly sympatiku a nefungující redukcí aktivity n. vagus. Tento stav může převládat několik dní až týdnů po úrazu (Berlly & Shem, 2007). Poranění krční míchy způsobí snížení nitrohrudního expiračního tlaku (8–36 cm H₂O) oproti zdravým jedincům, kteří jsou schopni vygenerovat více než 100 cm H₂O (Homnick, 2007). Crew, Svircev a Burns (2010) uvádějí, že v průběhu prvního roku po poranění míchy umírá na následky respirační dysfunkce 28 % nemocných a 22 % umírá v následujících letech. Dále také uvádí, že pneumonie a chřipkové onemocnění je příčinou smrti u 16,5 % takto postižených oproti zbytku populace, kde je toto číslo na hodnotě 2,5 %.

3.3.4.8 Cévní mozková příhoda

Z hlediska postižení respiračních svalů, a tedy i poruchy kašle s expektorací, je nejzávažnější iktus v oblasti capsula interna, kde jsou hustě seskupena vlákna pyramidových buněk, která jsou zodpovědná za volní dýchání. Výsledkem je postižení bránice na kontralaterální straně od místa léze, které se projevuje sníženou pohyblivostí bránice při usilovném nádechu. Negativním dopadem je pak snížení vitální kapacity, celkové kapacity plic a zvýšení reziduálního objemu. Rovněž inspirační a expirační tlak jsou sníženy o 40–60 % (Burianová, Zdařilová, & Mayer, 2006; Laghi & Tobin, 2003). Rizikové jsou také léze v oblasti mozkového kmene (centrum kašlacího reflexu), kde může dojít k vymizení tohoto reflexu (Burianová et al., 2006).

3.3.4.9 Chronická obstrukční plicní nemoc

U pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí (CHOPN) se vyskytuje snížená kapacita dýchacích svalů potřebná k vygenerování adekvátního negativního nitrohruďního tlaku v důsledku hyperinflace. Příčinou může být oploštění bránice, snížení pružnosti hrudního koše, snížená schopnost protažitelnosti nebo celkově oslabené svaly (Laghi & Tobin, 2003). Pacienti s CHOPN mívají snížené hodnoty průtoku vzduchu při výdechu, což je zapříčiněno dynamickou kompresí dýchacích cest a zvýšenou viskozitou bronchiální sekrece. Uvedené okolnosti jsou hlavní příčinou neefektivní kašle (Sivasothy, Brown, Smith, & Shneerson, 2001).

3.4 Airway clearance techniques

Airway clearance techniques (ACT) je soubor technik, které mohou být používány u pacientů s širokým spektrem postižení a u pacientů s respirační insuficiencí jsou metodou první volby. Jsou jednoduchou, ale zároveň efektivní metodou, kterou lze použít jak pro běžnou terapii vedenou fyzioterapeutem, tak i pro autoterapii (Pryor & Prasad, 2008). ACT se používají za účelem posunu sekrece z periferních dýchacích směrů do centrálních, čímž je zlepšena hygiena dýchacích cest a zefektivněna expektorace (Agostini & Knowles, 2007; Neumannová & Kolek, 2012). K mobilizaci sekrece se využívá proud vydechovaného vzduchu. Plicní objemy, nitrohruďní tlak a tlak uvnitř bronchů jsou zde nastaveny tak, aby byla co nejlépe zajištěna evakuace sputa (McIlvaine, 2006).

3.4.1 Aktivní techniky

3.4.1.1 Bez pomůcek

Jednou ze základních technik je autogenní drenáž. Jedná se o techniku, jejímž cílem je odlepení, sesbírání a evakuace hlenu do horních cest dýchacích. Tato technika je zahájena pomalým nádechem, který je následován krátkou inspirační pauzou a dlouhým plynulým výdechem přes široce otevřená ústa a volnou glottis. Je používána především jako autoterapie, lze ji však provádět i asistovaně (Smolíková & Máček, 2010; Neumannová & Kolek, 2012; Ošťádal, Burianová, & Zdařilová, 2008).

Dalším, tentokrát souborem technik, je aktivní cyklus dechových technik. Sestává ze 3 jednotlivých technik: kontrolní dýchání, cvičení na zvýšení pružnosti hrudníku a technika silového výdechu. Kontrolní dýchání je formou relaxační techniky využívanou při únavě či slabosti pacienta během terapie. Dýchání je cíleno do oblasti dolní hrudní a břišní

a objemem odpovídá klidovému dýchání (Smolíková & Máček, 2010; Nemannová & Kolek, 2012; Ošťádal et al., 2008). Cvičení na zvýšení pružnosti hrudníku je inspirační technikou s cílem zlepšení rozvíjení hrudníku. Pacient provede zhruba 3 série maximálních nádechů, které jsou následovány krátkou inspirační pauzou a volným výdechem (Ošťádal et al., 2008). Technika silového výdechu je kombinací tzv. huffingu a kontrolního dýchání. Huffing je nárazový manévr, který používáme k odstranění sekrece z bronchů. Jedná se o silový výdech, který navazuje na krátkou inspirační pauzu (Smolíková & Máček, 2010; Nemannová & Kolek, 2012; Ošťádal et al., 2008). Provádí se 1–2 manévry (Nemannová & Kolek, 2012; Ošťádal et al., 2008).

3.4.1.2 S pomůckami

3.4.1.2.1 Vibrační pomůcky

Flutter je kapesní přístroj ve tvaru dýmky. Uvnitř konusu flutteru se nachází kovová kulička, která klade odpor do výdechu a rozechvívá se (Neumannová & Kolek, 2012). Pohyby kuličky vytváří uvnitř dýchacích cest pozitivní výdechový přetlak, což brání předčasnému uzavření bronchů (Smolíková & Máček, 2010). Současně je díky vibračním zamezeno ulpívání sputa v dýchacích cestách a podpořena jeho mobilizace směrem ven z dýchacích cest, a tím i zefektivnění expektorace (Ošťádal et al., 2008).

Acapella slouží taktéž k jednoduššímu odstranění sekrece (Neumannová & Kolek, 2012). Pracuje na principu opakovaného zvětšování a zmenšování výdechového průtoku, přičemž velikost odporu lze individuálně nastavit (Smolíková & Máček, 2010). Lze ji použít v jakékoliv poloze. Její použití je možné s náústkem nebo obličejovou maskou, lze ji využít v kombinaci s inhalační léčbou, napojením na nebulizér a také u pacientů s tracheotomií (Neumannová & Kolek, 2012).

RC-Cornet pracuje na podobném principu jako Flutter. Umožňuje díky odporu 5–20 cm H₂O delší otevření dýchacích cest a díky vzniklým vibračním uvolnění sputa ze stěny bronchů a jeho posunutí ven z dýchacích cest. Opět je zcela nezávislý na poloze pacienta (Smolíková & Máček, 2010).

3.4.1.2.2 Pomůcky bez vibrace

V rámci terapie hygieny dýchacích cest lze použít několik pomůcek např. PEP maska, PariPEP S-Systém, TheraPEP, Threshold PEP, nebo Frolovův dýchací trenažer. Tyto pomůcky pracují na podobném principu. Využívají výdech proti odporu, který lze libovolně

nastavit. Výsledkem je prodloužené otevření dýchacích cest a zvýšená mobilizace sputa směrem centrálním (Neumannová & Kolek, 2012).

3.4.2 Pasivní techniky

3.4.2.1 Bez pomůcek

Polohová drenáž je metodou odstraňování bronchiální sekrece s využitím gravitace. Cílem je nastavit pacienta do takové pozice, ve které bude nejsnáze zajištěna evakuace hlenu. Na základě znalosti anatomického uspořádání bronchů bylo zjištěno několik konkrétních poloh, ve kterých dochází k neefektivnější drenáži sekrece. Klíčová je také znalost kontraindikací této metody. (Pryor & Prasad, 2008).

Vibrace provádí terapeut oběma rukama v oblasti hrudníku ve fázi expirace pacienta (Neumannová & Kolek, 2012). Manévr můžeme vykonávat hrubším způsobem – hrudní chvění nebo jemnějším způsobem – hrudní vibrace. Vibrace by nikdy neměly být žádným způsobem nepříjemné. V některých případech jsou schopni pacienti provádět tuto techniku i jako autoterapii (Pryor & Prasad, 2008).

Metoda poklepu je prováděna rytmicky rukou, která má semiflektované prsty v metakarpofalangeálních a interfalangeálních kloubech. Poklep na oblast hrudní stěny je v současné době omezována a provádí se pouze v případě, že použití aktivních technik je nevhodné. Hlavním rizikem při provádění perkuze je kolaps bronchů a hypoxie (Neumannová & Kolek, 2012).

3.4.2.2 S pomůckami

The Vest je pasivní forma drenážní techniky založená na střídavém nafukování a vyfukování vesty, která několikrát za sekundu stlačuje a uvolňuje hrudník, čímž simuluje kašel. Frekvence a tlak je zde volitelný. Cílem je opět co neefektivnější evakuace hlenu z periferních dýchacích cest směrem k centru (Marks 2007).

RTX je neinvazivní externí ventilátor ve tvaru krunýře, který se obemkne kolem hrudníku pacienta. Podporuje jak inspiraci, tak i expiraci. Odstranění sekrece může být dosaženo nastavením režimu vibrace, nebo režimu kašle (Kato et al., 2009).

CoughAssist je přístroj využívající střídání přetlaku a podtlaku k nafouknutí a následnému vyfouknutí plic, čímž dojde k mechanickému vyvolání kašle (podrobněji o tomto přístroji v kapitole 3.6) (Homnick, 2007). Ucelený přehled airway clearance techniques je uveden v tabulce 5.

Tabulka 5. Airway clearance techniques (upraveno dle Homnick, 2007; Kato et al., 2009; Smolíková & Máček, 2010; Marks, 2007; McCool & Rosen, 2006; Neumannová & Kolek, 2012; Ošťádal et al., 2008; Pryor & Prasad, 2008)

AKTIVNÍ

Bez pomůcek	S pomůckami	
Autogenní drenáž	VIBRAČNÍ	Flutter
Aktivní cyklus dechových technik		Acapella
1) Cvičení na zvýšení pružnosti hrudníku		RC-Cornet
2) Cvičení na zvýšení pružnosti hrudníku	BEZ VIBRACE	PEP maska
3) Technika silového výdechu		PariPEP S-System
		TheraPEP
		Threshold PEP
		Frolovův dýchací trenažer

PASIVNÍ

Bez pomůcek	S pomůckami
Polohová drenáž	The Vest (The SmartVest)
Vibrace	RTX respirator
Poklep	CoughAssist

Konkrétní drenážní technika je volena zásadně s ohledem na druh, závažnost a stadium onemocnění pacienta. ACT se dají volně kombinovat podle individuálních potřeb každého pacienta. Fyzioterapie nabízí široké spektrum možností podpory evakuace sekrece z dýchacích cest. Airway clearance techniques jsou v tomto případě jednou z možností volby. S výhodou je lze použít u pacientů s plicním onemocněním, překážkou v dýchacích cestách, ireverzibilní obstrukcí dýchacích cest i nervosvalovým onemocněním (Hanayama et al., 1997). Zejména u pokročilejších stadií nervosvalových onemocnění se však s progresí onemocnění snižuje síla dýchacích svalů až do té míry, že nemohou být zajištěny podmínky

pro efektivní expektoraci. Z tohoto důvodu některé základní techniky selhávají a je nutné přejít k alternativnímu řešení (Anderson et al., 2005). Tím mohou být techniky zaměřené na podporu nádechových a výdechových svalů či mechanická přístrojová podpora pro usnadnění expektorace (Hanayama et al., 1997).

3.5 Metody podpory expektorace u pacientů s oslabením dýchacích svalů

Efektivní expektorace je podmíněna nádechem dostatečného množství vzduchu a silnými výdechovými svaly, které jsou potřebné k vygenerování vysokého nitrobřišního tlaku (Kang et al., 2005). V případě, že pacienti nejsou schopni dostatečně hlubokého nádechu kvůli oslabení nádechových svalů a jejich výdechové svaly nejsou dostatečně silné k vyvolání kašle s efektivní expektorací, je nutné zařadit do terapie metody k podpoře oslabených svalů (Servera et al., 2003). V závislosti na znalosti tohoto mechanismu kašle bylo uvedeno do praxe několik technik podpory expektorace pro pacienty s oslabenými dýchacími svaly podle toho, která složka je insuficientní (Kang et al., 2005).

3.5.1 Techniky podpory nádechových svalů

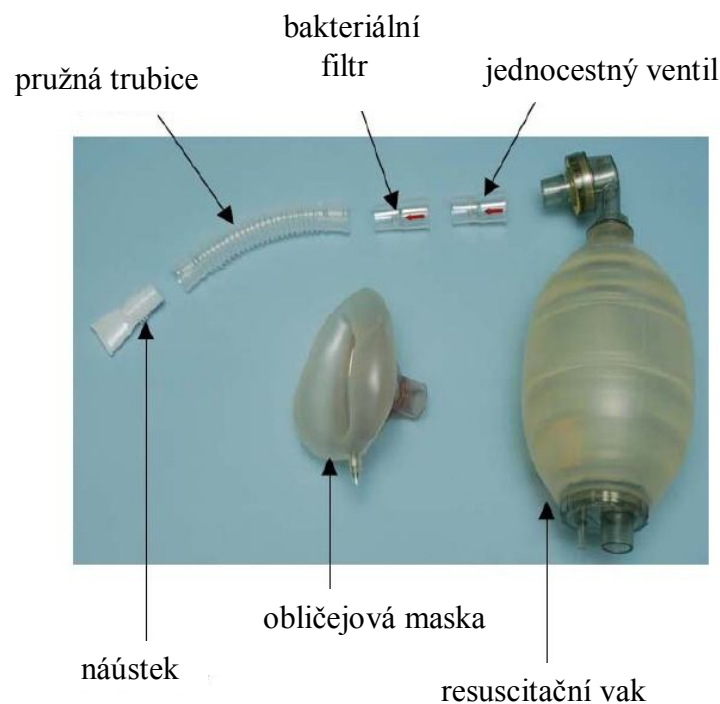
3.5.1.1 Breath stacking

Breath stacking je technikou, která umožňuje zvýšení objemu vzduchu uvnitř v plicích (Miske, Weiner et al., 2004). Cílem použití této metody je prevence omezení pružnosti plic a hrudní stěny, prevence tvorby hlenových zátek a zlepšení efektivity expektorace. Na breath stacking často navazuje manuálně asistovaný kašel, který s ní tvoří jeden celek (Providence Care, 2008). Boitano (2006) tvrdí, že tuto techniku lze využít spolehlivě k podpoře expektorace díky elastické pružnosti plic a hrudní stěny, která umožní rychlejší výdech a tím zefektivní odstranění sekrece.

U pacientů s oslabenými inspiračními svaly můžeme použít pro zlepšení spontánního kašle jak manuální, tak i mechanickou podporu (Boitano, 2006). Pro manuální aplikaci je potřeba resuscitační vak, 2 jednocestné ventily, spojovací trubice, náústek a nosní klip. U některých pacientů je vhodnější použít místo náústku obličejovou masku (Obrázek 3). Použití je možné také u tracheostomovaných pacientů (Providence Care, 2008). Pro mechanickou podporu nádechu můžeme použít ventilátor s nastavitelnými objemy nebo nádechovými tlaky, které jsou seřízeny tak, aby naplnily plice do jejich maxima (Boitano, 2006).

Provedení této techniky spočívá ve vykonání dvou nebo více nádechů do maximálního objemu vzduchu, který lze udržet při uzavřené glottis (Miske, Weiner et al., 2004).

Jednocestný ventil, který je napojen na resuscitační vak, je umístěn tak, aby umožňoval pouze inspiraci. Po několika inspiracích je ventil uvolněn a pacient volně vydechne (Dias, Plácido, Ferreira, Guimarães, & Menezes, 2008). Jednotlivé techniky se u různých autorů liší. Např. podle Providence Care (2008) je potřeba provést několik nádechů do maximálního objemu udržitelného při uzavřené glottis, poté asi na 5 sekund zadržet dech a volně vydechnout. Dias et al. (2008) uvádí, že se má pacient v průběhu 20 sekund postupně nadechovat, a poté vydechnout. Díky této metodě lze u pacientů s nervosvalovým onemocněním dosáhnout téměř normálního PCF (Miske, Weiner et al., 2004).



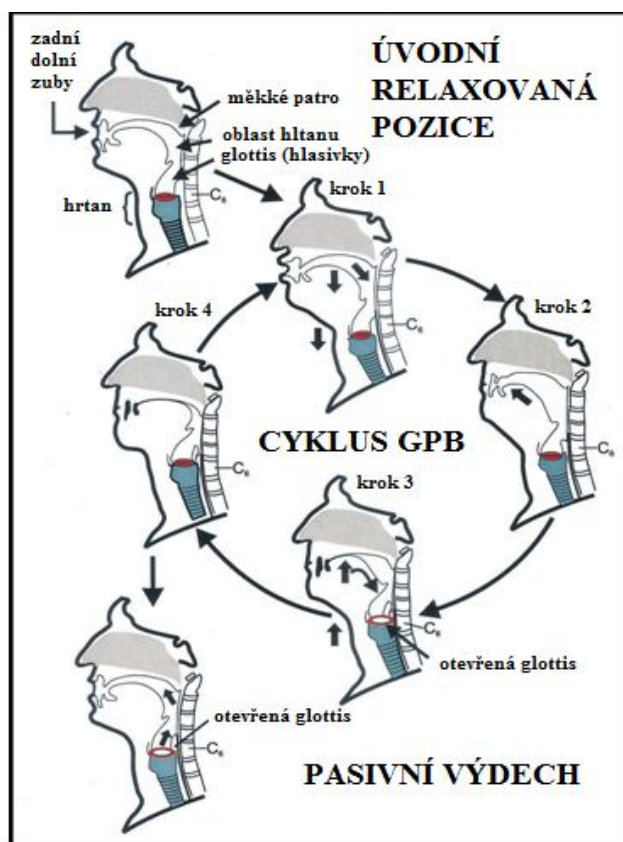
Obrázek 3. Základní pomůcka pro breath stacking (upraveno dle Providence Care, 2008, 5)

3.5.1.2 Glossopharyngeal breathing („žabí“ dýchání)

Glossopharyngeal breathing (GPB) je metoda používaná v případě, že inspirační svaly jsou oslabeny a nefungují. Jedná se o alternativní techniku, kterou lze použít i u pacientů závislých na mechanické ventilaci (Warren, 2002). Tato technika je účinná u pacientů, u kterých je snižená vitální kapacita plic vycházející z oslabení dýchacích svalů (Pryor & Prasad, 2008). Z GPB mohou těžit zejména pacienti, kteří mají vitální kapacitu nižší než 500 ml, nemají zavedenou tracheostomii, mají intaktní orofaryngeální svaly a v neposlední řadě jsou motivováni. S výjimkou mohou GPB provádět i pacienti s tracheostomií, kterou je však nutné uzavřít (Bach, & Alba 1990).

Pacient při této technice „polyká“ vzduch do plic za pomoci rtů, jazyka, měkkého patra, hrtanu, hltanu, příp. tváří. Glossopharyngeal breathing sestává z 6 až 10 polknutí vzduchu (při každém asi 60–200 ml), následovaných volným výdechem. Fáze výdechu přichází ve chvíli, kdy je glottis otevřená a plíce naplněné vzduchem se pasivně vyprázdní díky jejich elastické pružnosti (Obrázek 4) (Warren, 2002). Důležité je zdůraznit, že pacienti nepolykají vzduch do žaludku, ale vpravují ho do plic (Pryor & Prasad, 2008). Cílem této techniky je zvýšit mobilitu hrudní stěny, zefektivnit expektoraci a udržet dýchací cesty čisté. Pacienti jsou poté také schopni mluvit hlasitěji a déle na jeden nádech. GPB je vhodné naučit pacienta také v rámci prevence, zejména pro případ, kdy mechanická ventilace přestane nepředvídatelně fungovat (Kang, 2006; Maltais, 2011; Warren, 2002).

Warren (2002) popisuje výsledky studií Dail, Montero, Metcalf, Johnson, Gilgoff a Morrison, kteří provedli řadu dokazující pozitivní výsledky u pacientů s různými diagnózami (poliomyelitis, kompletní tetraplegie, Duchenova svalová dystrofie) závislých na mechanické ventilaci. Bylo prokázáno výrazné zvýšení vitální kapacity plic, došlo ke zlepšení expektorace a pacienti byli schopni vydržet individuálně dlouhou dobu odpojení od ventilátoru.



Vysvětlivky: GPB – „žabí dýchání (glossopharyngeal breathing)

Obrázek 4. Glossopharyngeal breathing (upraveno dle Warren, 2002, 592)

3.5.1.3 Intermittent positive pressure breathing (přerušované dýchání)

Intermittent positive pressure breathing (IPPB) je metodou, která má primárně za cíl zvýšit dechové objemy (a tím i minutovou ventilaci) a snížit námahu při dýchání. Kromě toho, že IPPB je možno použít ke zvýšení klidového objemu vzduchu při hypoventilaci, únavě nebo sníženém stavu vědomí, lze jej aplikovat i pro zlepšení odstraňování sekrece zvýšením efektivity kašle. Účelem je podpora rozvíjení plic a facilitace spontánního úsilí pacienta (Denehy & Berney, 2001; Bushel, 2012). Zvýšení objemu plic pak podpoří zvýšení maximálního výdechového průtoku, a to hlavně díky elastické pružnosti plic a snižujícímu se třecímu odporu (Denehy & Berney, 2001).

Pro IPPB se používá intermitentní mechanický ventilátor produkující pozitivní inspirační tlak. Dále je důležitý IPPB okruh, který obsahuje náústek, obličejovou masku, příp. katetr pro napojení na tracheostomii, dále spojovací trubičku pro napojení na nebulizér a nakonec výdechový ventil. Vyžadován je také nosní klip. Pacient je nastaven do takové polohy, aby byla terapie co nejúčinnější a byl minimalizován pacientův diskomfort. Zvolí se způsob aplikace (náústek, obličejová maska, katetr pro tracheostomované pacienty) a sestaví se IPPB okruh, který se napojí na ventilátor a následně na kyslíkovou podporu. Z počátku je nastaven přístroj tak, aby pacient mohl dýchat volně, bez zvýšené námahy. Poté je nastaven inspirační tlak na 10 cm H₂O a postupně je zvyšován v závislosti na potřebách pacienta. Pacient pak zahájí aktivně nádech a následně nechá přístroj, aby mu naplnil plíce. Poté pasivně vydechne (Bushel, 2012). V případě provádění manévru kašle s cílem odstranění sekrece se tak děje aktivním úsilím samotného pacienta. V rámci hygieny dýchacích cest je vhodné kombinovat tuto techniku s posturální drenáží nebo vibrací hrudníku (Denehy & Berney, 2001).

Pryor a Prasad (2008) tvrdí, že i u naprosto relaxovaných pacientů, kde úsilí k inspiraci je takřka nulové, lze díky IPPB zvýšit plicní objemy. IPPB může být proto použito v případě, kdy konvenční airway clearance techniques již nezajistí efektivní expektoraci. Jedná se například o semikomatózní pacienty s chronickou bronchitidou a retencí sputa, pacienty po operaci nebo pacienty s nervosvalovým onemocněním a hrudní infekcí. Absolutní kontraindikací pro použití IPPB je pneumotorax, plicní absces, hemoptýza a bronchiální tumor (Bushel, 2012; Pryor & Prasad, 2008).

3.5.1.4 CoughAssist

Nádechové svaly můžeme podpořit i díky použitím mechanického přístroje CoughAssist, který je schopný vygenerovat pozitivní tlak a tím pasivně naplnit plíce. Podrobný mechanismus funkce tohoto přístroje bude popsán v kapitole 3.6.

3.5.2 Techniky podpory výdechových svalů

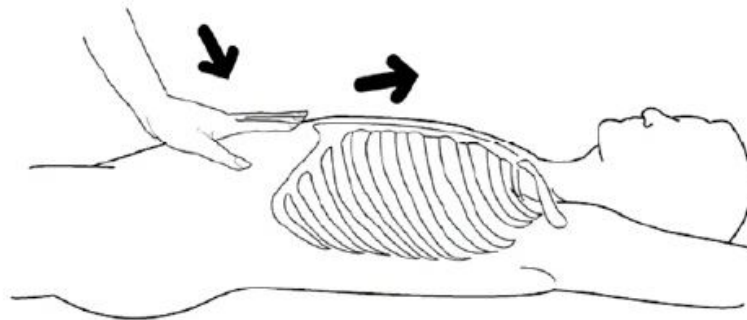
3.5.2.1 Manuálně asistovaný kašel

Manuálně asistovaný kašel je formou terapie, kterou mohou využívat pacienti s oslabenými dýchacími svaly za předpokladu, že nádechové svaly jsou relativně silné. Jedná se zde o podporu kontrakce břišních svalů (Boitano, 2006). Pokud nelze dosáhnout požadovaného nádechu, může se manuálně asistovaný kašel zkombinovat s technikami podpory inspirace – glossopharyngeal breathing, breath stacking, IPPB, nebo podpora nádechu pomocí mechanického ventilátoru (American Thoracic Society, 2004). Cílem manuálně asistovaného kašle je zvýšit vrcholový proud vydechovaného vzduchu při kašli (PCF) (Boitano, 2006; Finder, 2010; Servera et al., 2003). Servera et al. (2003) uvádějí, že při tomto manévru lze PCF zvýšit až trojnásobně.

Samotný manévr začíná maximálním nádechem, který je následován krátkou inspirační pauzou včetně uzavření glottis. Poté je glottis otevřena k provedení ještě jednoho nebo více nádechů (maximální nádech může být podpořen např. ambuvakem nebo ventilátorem s nastavitelným objemem). Jakmile je dosaženo maximální inspirační kapacity, terapeut v momentě otevření glottis prudce zatlačí na hrudník, břicho, nebo na obě oblasti zároveň a podpoří vlastní spontánní úsilí pacienta ke kašli (Obrázek 5) (Finder, 2010; Servera et al., 2003). Díky nadechnutí maximálního množství vzduchu je využito elastické pružnosti plic a hrudní stěny pro vydechnutí dostatečného proudu vzduchu, tlak na břicho nebo hrudník pak podporuje expulzivní fázi výdechu (Finder, 2010).

Manuálně asistovaný kašel vyžaduje spolupracujícího pacienta. Efekt terapie závisí také na schopnostech terapeuta, který musí manévr provést adekvátním tlakem a koordinovaně s volným úsilím pacienta ke kašli (Boitano, 2006; Pryor & Prasad, 2008; Servera et al., 2003). Tato technika se ukázala jako neefektivní u pacientů se skoliózou a v případě, že maximální inspirační kapacita nepřesáhne hodnoty vitální kapacity. S obezřetností je potřeba provádět manévr u pacientů s osteoporózou (Servera et al., 2003). Miske, Weiner et al. (2004) ještě dodávají neefektivnost u pacientů s diagnózou pectus excavatum. Opatrnost je na místě také u dětí, u kterých nesprávně provedený manévr může způsobit poškození

břišních orgánů. Finder (2010) ještě k problematickým okolnostem provádění manévru přidává obezitu nebo rigidní hrudní stěnu. Zdůrazňuje také nevhodnost jeho provádění po jídle. Pryor a Prasad (2008) naopak tvrdí, že v případě zlomenin žeber nebo jiných poranění hrudníku není nutné od tohoto manévru ustupovat. Naopak je doporučováno manévr provádět, pouze s uložení rukou terapeuta mimo místo poškození.



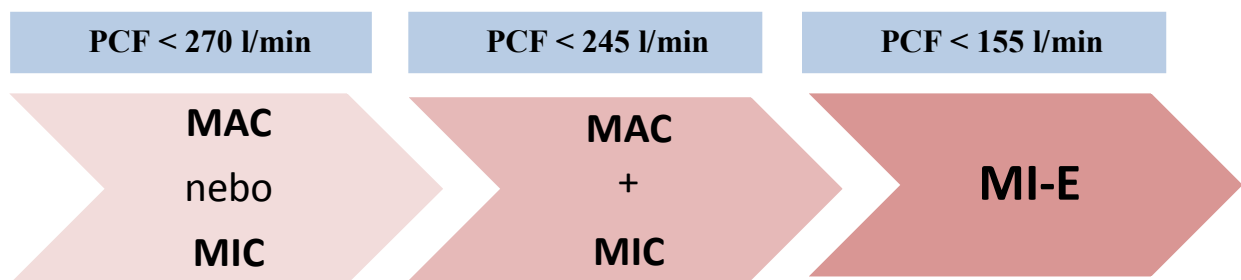
Obrázek 5. Manuálně asistovaný kašel (Providence Care, 2008, 8)

3.5.2.2 CoughAssist

Přístroj CoughAssist je využitelný i při podpoře výdechových svalů. Díky nastavitelnému negativnímu tlaku dokáže vygenerovat expulzivní výdech, který v podstatě simuluje manévr kašle. Více informací bude uvedeno v kapitole 3.6.

3.5.3 Algoritmus volby terapie pro podporu kašle

Chatwin (2009) sestavil algoritmus volby techniky podpory kašle založený na zjištěném vrcholovém průtoku vydechovaného vzduchu (PCF) (Obrázek 6). Při hodnotách menších než 270 l/min se volí technika manuálně asistovaného kašle (MAC) nebo techniky zvyšující maximální insuflační kapacitu (MIC) (glossopharyngeal breathing, breath stacking, intermittent positive pressure breathing atd.). U PCF menším než 245 l/min se MAC a MIC kombinují a při PCF menším než 155 l/min je zapotřebí použít mechanickou podporu insuflace/exsuflace.



- Vysvětlivky: PCF – vrcholový proud vydechovaného vzduchu při kašli (peak cough flow)
- MAC – manuálně asistovaný kašel (manually assisted cough)
- MIC – techniky zvyšující maximální insuflační kapacitu (maximal insufflation capacity)
- MI-E – mechanická insuflace-exsuflace (mechanical insufflation-exsufflation)

Obrázek 6. Algoritmus volby terapie pro podporu kašle (upraveno dle Chatwin, 2009, 52)

3.6 CoughAssist

3.6.1 Historie a vývoj

Na konci 40. let 20. století přišel Henry Seeler s prvním modelem mechanického insuflátoru-exsuflátoru, který používal za války u pacientů vystavených chemickým zbraním a paralyzujícím plynům (Bach, 1994). Největší vývoj mechanické podpory insuflace a exsuflace proběhl v 50. letech 20. století. Hlavní cílovou skupinou byli pacienti s poliomyelitidou, jejichž primárním problémem byl neefektivní kašel (Miske, Weiner et al., 2004). Rok 1952 byl rokem uvedení prvního přístroje „mechanical cough chamber“ (Příloha 1). Jednalo se o přístroj ve tvaru válce, do kterého byl člověk položen. Tlak 110 mm Hg se střídal 25 krát za minutu (Bach, 1994).

V roce 1953 byl vyvinut první přenosný přístroj pracující na principu střídání pozitivního a negativního tlaku s názvem Cof-Flator, který vzduch dodával již přímo do dýchacích cest (Příloha 2). Tento přístroj byl napojen na kompresor, který dle nastavení umožňoval insuflaci následovanou silnou exsuflací. Z kompresoru vycházely 2 hadice, které se přes bakteriální filtr napojovaly na dlouhou trubici zakončenou orofaciální maskou nebo náústkem. Bylo

možné napojení na endotracheální trubici. 2 sekundy byl dodáván pozitivní tlak, během 0,2 s došlo ke snížení tlaku asi o 80 cm H₂O a negativní tlak byl udržován 1–3 sekundy. Ačkoliv se použití přístroje osvědčilo a Cof-Flator prokázal svou efektivitu, byl dále využíván pouze sporadicky a v polovině 60. let se přešlo k řešení hygieny dýchacích cest odsáváním přes tracheostomii (Bach, 1993; Bach, 1994). Zpět k využití mechanické insuflace a exsuflace se došlo koncem 80. a začátkem 90. let 20. století jako dodatečná podpora neinvazivní ventilace (Homnick, 2007).

V únoru 1993 přišel na trh CoughAssist In-Exsufflator (Příloha 3), který pracoval na podobném principu jako Cof-Flator (Bach, 1994). Konkrétnější informace o CoughAssistu budou zahrnuty v následujících kapitolách. V dnešní době je nejvíce používaným přístrojem CoughAssist E70 (Příloha 4) a Pegaso (Příloha 5) (Chatwin, 2008). Toussaint (2011) a Chatwin (2009) ještě zmiňují britský přístroj Clearway (Příloha 6). Účinnost, bezpečnost a tolerance však byla zkoumána pouze u přístroje CoughAssist.

3.6.2 Popis a příslušenství

CoughAssist je přístroj umožňující mechanickou insuflaci a exsuflaci (MI-E), která je metodou mechanicky asistovaného kašle (Sancho et al., 2004). Zařízení napomáhá odstraňování sekrece z dýchacích cest dodáváním pozitivního tlaku do dýchacích cest (insuflace) následovaného náhlým přepnutím do negativních hodnot (exsuflace). Rychlá změna pozitivního tlaku na negativní podpoří vysoký výdechový průtok, který simuluje přirozený kašel (Chatwin et al., 2003; Chatwin, 2008; Chatwin & Simonds, 2009).

Aplikace je možná přes obličejovou masku v různých velikostech (pro novorozence, pro batolata a malá, střední a velká maska) a náústek. Výhodou je i možnost použití u tracheostomovaných pacientů (Phillips, 2013a). K samotnému CoughAssistu E70 náleží i nožní pedál pro manuální ovládání insuflace a exsuflace (Phillips, 2013b). Nedílnou součástí je také bakteriální filtr, uvnitř hladká trubice a adaptér (Coomer, 2009). CoughAssist E70 je schopný okamžitě během terapie měřit klidový objem, PCF, saturaci hemoglobinu kyslíkem (Phillips, 2013b). Existuje několik typů CoughAssistu (CA-3000 & CA-3200, CM-3000 & CM-3200) (Emerson). Nejnovějším typem je CoughAssist E70 (Phillips, 2013a; Phillips, 2013b; Phillips, 2013c).

3.6.3 Nastavení přístroje

3.6.3.1 Režim přístroje

CoughAssist lze použít ve 2 základních režimech: manuální a automatický. Manuální režim se většinou používá z počátku léčby pro aklimatizaci pacienta na přístroj a pro zjištění ideálních hodnot tlaku a času pro následné převedení do automatického režimu (Phillips, 2013c). Gonçalves a Winck (2008) tento režim doporučují více, protože je možné se lépe přizpůsobit dechovému vzoru pacienta a pro pacienta samotného je jednodušší zkoordinovat se s přístrojem.

Automatický režim je nastavován, pokud již známe konkrétní hodnoty tlaku a času. CoughAssist sám automaticky přepíná dle nastavených parametrů pozitivní a negativní tlak. Speciální funkcí je tzv. Cough-Trak, kdy je přístroj v rámci automatického režimu synchronizován s nádechovým úsilím pacienta (Phillips, 2013c).

Model CoughAssist E70 již může pracovat i v oscilačním režimu (Oscillation), který se využívá pro zefektivnění mobilizace sekrece. Lze jej aktivovat jak v manuálním, tak i automatickém režimu a může být nastavena při nádechu, výdechu i obou fázích (Phillips, 2013c).

3.6.3.2 Tlak

Pro nastavení tlaku neexistuje přesně daný algoritmus (Chatwin, 2008). Tlak na CoughAssistu (model E70) lze nastavit manuálně maximálně 70 cm H₂O do nádechu a -70 cm H₂O do výdechu. Odchyłka je 1 cm H₂O (Phillips, 2013b). Jednotliví autoři se v doporučených hodnotách liší. Z praktického hlediska se zejména v začátcích terapie a u manuálního režimu volí z důvodu aklimatizace pacienta tlak nižší (Phillips, 2013c). Každý pacient vyžaduje individuální nastavení přístroje. Je dobré začít na hodnotách pozitivního tlaku od 15 do 20 cm H₂O a od -15 do -20 cm H₂O negativního tlaku. Postupně tlak zvyšujeme tak, aby bylo dobře viditelné rozvíjení hrudníku pacienta, a negativní nastavujeme tak, aby byl slyšitelný kvalitní zvuk kašle. Zdravý člověk by měl zvládnout tlak kolem 40 cm H₂O (Chatwin, 2008).

Gómez-Merino et al. (2002) se pokusili zhodnotit, při jakém nastavení CoughAssistu jsou jeho účinky největší. Zjišťovali, jaký má vliv konkrétní nastavení tlaku a času na průtok, tlak a objem umělého modelu plic. Přístroj byl nastaven na hodnoty insuflace a exsuflace 20 a -20, 30 a -30, 40 a -40 cm H₂O. Čas pro nádech a výdech byl kombinován pro každý tlak v poměrech 2:1, 2:2, 3:1, 3:2. Vycházel z předpokladu, že pro efektivní kašel je nutný průtok

vzduchu nejméně 2,7 l/s. Na základě znalosti tohoto parametru určil, že CougAssist při tlaku pod 30 a -30 cm H₂O požadovaného průtoku nedosáhne. Naopak nejefektivnější průtok vzduchu při kašli (3,41 l/s) byl prokázán při tlacích minimálně 40 a -40 cm H₂O a času 3 sekundy nádech a 2 sekundy výdech. Zároveň však dodávají, že lidské plíce mohou odpovídat na příslušný tlak zásadně jiným způsobem než plíce umělé, musí se proto vždy brát ohled na individualitu každého pacienta. Tlaky 40 a -40 cm H₂O potvrdili jako nejefektivnější také Winck et al. (2004). Při těchto hodnotách dokázali nejmarkantnější zvýšení PCF a saturace hemoglobinu kyslíkem a zároveň snížení dušnosti (hodnoceno dle Borgovy škály). Fauroux et al. (2008) později prokázali nejvyšší efektivitu tlaků 40 a -40 cm H₂O u dětí.

V případě použití CoughAssistu u tracheostomovaných pacientů je nutné použít vysokých hodnot tlaků (60–70 cm H₂O), neboť je potřeba překonat odpor tracheostomie (Gonçalves & Winck, 2008). Někteří autoři však volí zcela individuální nastavení tlaků a indikují maximální tlak, který je pro pacienta příjemný a snesitelný, ale zároveň efektivní v evakuaci sekrece (Bach, 1993; Chatwin et al., 2003).

3.6.3.3 Způsob aplikace

3.6.3.3.1 Neinvazivní

Použití neinvazivní MI-E přes obličejovou masku vyžaduje spolupracujícího pacienta. Je potřeba alespoň částečná schopnost uzavření glottis těsně před expirační fází kašle. Pokud tato funkce chybí, pak je neinvazivní MI-E neefektivní (Sancho et al., 2004; Toussaint, 2011). Endotracheální trubice nebo tracheostomie tuto schopnost uzavření glottis narušují a navíc oba tyto invazivní prvky zvyšují odpor při insuflaci a exsuflaci, čímž snižují vrcholový proud vydechovaného vzduchu (Guérin et al., 2011). I Hanayama et al. (1997) tvrdí, že použití MI-E přes horní cesty dýchací je možné pouze za předpokladu, že bulbární svaly jsou intaktní a je možné plné otevření hlasivek a nedochází ke kolapsu dýchacích cest během silového výdechu.

3.6.3.3.2 Invazivní

V případě použití MI-E v kombinaci s některým z těchto invazivních prvků, dochází k vyvinutí kašle uměle. Tlak je při MI-E aplikován přímo do trachei (skrz adaptér přes endotracheální trubici nebo tracheostomii) do oblasti pod glottis. Zachování funkce glottis tedy není potřeba a není potřeba ani spolupráce pacienta. Na základě této znalosti je možné použít MI-E i u pacientů v bezvědomí nebo pod sedativy (Toussaint, 2011).

Použití MI-E přes tracheostomii uplatnili ve svých výzkumech Pillastrini, Bordini, Bazzocchi, Belloni a Menarini (2006), kteří s úspěchem aplikovali tuto metodu na skupinu pacientů s lézí C1–C7 i Sancho, Servera, Vegara a Marín (2003), kteří označili MI-E jako výhodnější metodu hygieny dýchacích cest oproti konvenčnímu odsávání. Miske, Hickey et al. (2004) rozšířili zkušenosti použití MI-E u dětských pacientů. Z 29 pacientů s různými nervosvalovými postiženími pouze 2 neshledali terapii MI-E přes tracheostomii účinnou. Toussaint (2011) však říká, že navzdory pozitivním výsledkům není použití MI-E invazivní metodou zatím časté.

3.6.4 Provedení

Z počátku je zvolen manuální režim a aplikace přes orofaciální masku. Je nezbytné kontrolovat saturaci hemoglobinu kyslíkem, zvláště při prvních aplikacích a infekci dýchacích cest. Celý proces začíná nádechem, který trvá přibližně 2 sekundy, v případě potřeby i déle. Nádech je potřeba provést tak, aby bylo dosaženo úrovně celkové kapacity plic. Poté je tlak přepnut do negativních hodnot, které by měly být z počátku stejné jako pozitivní. Postupně je zvyšován na 10–20 cm H₂O nad úroveň pozitivního tlaku. Negativní tlak je udržován 3–6 sekund (Chatwin, 2008).

Pacient se postupem času může naučit dýchat koordinovaně s přístrojem, proto je později dobré spojit tento manévr s volným úsilím pacienta (Chatwin, 2008). Při jednom sezení se provádí zhruba 5 cyklů insuflace a exsuflace, která je následovaná krátkým úsekem normálního dýchání, nebo dýchání s mechanickou ventilací jako prevence vzniku hyperventilace. Terapie pokračuje tak dlouho, dokud je možno efektivně evakuovat sekreci z dýchacích cest, příp. dokud se saturace hemoglobinu kyslíkem nezvedne na hodnotu normy (Bach, 2012). Počet opakování za den je závislé na individuálních potřebách každého pacienta a není přesně stanoven. Každopádně je nutné dělat mezi aplikacemi odpočinkové pauzy, protože kašel jako takový, a zejména dlouhodobý, způsobuje únavu (Chatwin, 2008). Indikátor správného provedení a účinku terapie je dobře slyšitelný zvuk kašle (Chatwin, 2008; Pryor & Prasad, 2008). Ačkoliv je možné použití CoughAssistu s náústkem, není v tomto případě doporučován, neboť při provedení kašlacího manévru je vhodné, aby měl pacient ústa otevřená (Chatwin, 2008).

Použití CougAssistu je jednoduché a bezpečné. Mohou ho proto obsluhovat i lidé bez odborné způsobilosti (např. pacienti, ošetřovatelé, rodinní příslušníci) (Vianello et al., 2005). Podle dotazníku, který sestavili Schmitt et al. (2007) bylo zjištěno, že nejčastěji

provádí terapii MI-E právě rodinní příslušníci, příp. ošetřovatelé, nikoliv zdravotnický personál. Pro použití CoughAssistu je potřeba, aby pacient spolupracoval. Pacient musí zejména umožnit, aby přístroj mohl vpravit požadované množství vzduchu do plic a zvýšit tím objem plic. Musí být schopen před expirační fází uzavřít glottis, což je problematické zejména u pacientů s amyotrofickou laterální sklerózou. Určitou problematickou skupinou mohou být také nespolupracující děti (Fauroux et al., 2008).

3.6.5 Indikace

CoughAssist lze obecně použít tam, kde pacienti čelí neefektivní expektoraci a hygieně dýchacích cest kvůli nízkým hodnotám vrcholového proudu vydechovaného vzduchu (Phillips, 2013c). Např. lidé s poraněním krční míchy nebo parézou výdechových svalů dokáží vygenerovat nitrohruční výdechový tlak pouze 8–36 cm H₂O oproti zdravým lidem, u kterých je tento tlak vyšší než 100 cm H₂O. Nízký výdechový tlak snižuje účinnost kašle. Oslabené nádechové svaly tuto účinnost snižují omezením nádechových objemů, což má dopad na schopnost protažení svalů a elastické pružnosti dýchacího systému (Homnick, 2007).

Asistovaný kašel může být efektivní v případě, že jsou oslabeny nádechové i výdechové svaly. Pokud je přítomna bulbární dysfunkce, může být limitujícím faktorem pro provedení asistovaného kašle. Kromě dětí a pacientů s amyotrofickou laterální sklerózou mohou pacienti dosáhnout asistovaného PCF nad 160 l/min, což je hranice, kdy sekrece z dýchacích cest může být odstraněna efektivně (Bach, 2003).

3.6.5.1 Spinální svalová atrofie

Bach, Niranjana a Weaver (2000) se zabývali účinností MI-E u 11 pacientů se spinální svalovou atrofií (typ I.). Sestavili protokol terapie pro pacienty, kteří byli intubováni. Do tohoto protokolu zapojili použití MI-E. Vzhledem k jejich předpokladu, že snížení saturace hemoglobinu kyslíkem a hyperkapnie může být způsobena akumulací hlenů v dýchacích cestách, použili pro odstranění sekrece podporu MI-E (přes intubační kanylu) v kombinaci s manuálně asistovaným kašlem. Tím došlo ke zvýšení této saturace. Díky tomu mohli pacienty extubovat. Po extubaci byli napojeni na ventilační podporu přes nosní kanylu. Poté byla MI-E prováděna bez manuálně asistovaného kašle a přes orofaciální masku. Oproti konvenční terapii zaznamenali méně reintubací. Závěrem jejich studie bylo tvrzení,

že intubace je nutná při infekcích dýchacích cest. V případě správné podpory dýchacích svalů, při které je umožněna efektivní expektorace, je možné vyhnout se tracheostomií.

Pacienti s diagnózou spinální svalová atrofie byli předmětem studie Chatwin et al. (2011). Studie vycházela z doporučeného postupu, který sestavil Bach et al. (2000). Terapie MI-E byla zahájena u 13 pacientů se spinální svalovou atrofií v případě, že fyzioterapeutické postupy v mobilizaci sekrece (např. poklepy, manuálně asistovaný kašel) již byly neefektivní. 7 z těchto pacientů disponovalo CoughAssistem v rámci domácí péče. Ze 13 extubací bylo při dodržení protokolu úspěšných 6 a při nedodržení 2. Tento postup indikovali u dětí okolo 12–18 měsíců, kdy začali mít problémy s evakuací sekrece. Starší děti se dokázaly postupně zkoordinovat s přístrojem, což může být důvod, proč se s rostoucím věkem snižuje počet hospitalizací. V některých případech může být prevencí intubace a invazivní ventilace.

3.6.5.2 Duchennova svalová dystrofie

Účinky MI-E byly u Duchennovy svalové dystrofie dospělých i dětských pacientů zkoumány ve studii, kterou provedli Chatwin et al. (2003). Z 22 jedinců byli s touto diagnózou 3 dospělí a 3 děti. Po srovnání několika způsobů podpory kašle shledali jako nejúčinnější použití MI-E, která se projevila objektivně na zvýšení PCF a subjektivně na dobré toleranci pacientů.

CoughAssist byl použit také ve výzkumu, který prováděli Bach, Ishikawa a Kim (1997). Jejich cílem bylo zjistit, zda může použití MI-E v kombinaci s neinvazivní mechanickou podporou ventilace u pacientů s Duchennovou svalovou dystrofií snížit počet respiračních insuficiencí a s nimi souvisejících hospitalizací. Bylo zjištěno, že 24 pacientů, kteří podstupovali klasickou terapii, byli hospitalizováni v průměru 72 dní oproti 22 pacientům využívajících ventilační podporu s MI-E, jejichž doba hospitalizace se pohybovala v průměru pouhých 6 dní.

Gomez-Merino a Bach (2002) postupovali dle doporučeného postupu, který sestavili Bach et al. (1997) a prokázali, že tito pacienti mohou déle využívat mechanickou podporu ventilace a MI-E, než bude nutné přejít k řešení evakuace sekrece z dýchacích cest tracheostomií a odsáváním.

3.6.5.3 Amyotrofická laterální skleróza

U pacientů s amyotrofickou laterální sklerózou může být poškozena glotická uzávěrka, a proto u nich není možné naměřit asistovaný PCF. V případě ztráty funkce svalů laryngu

a kontroly glottis dochází během expirace (někdy i inspirace) ke kolapsu dýchacích cest a MI-E je v tomto případě neúspěšná (Bach, 2003; Sancho et al., 2004). Chatwin (2008) však tvrdí, že pokud je oslabení bulbárních svalů vážné, lze použít MI-E přes tracheostomii.

Sancho et al. (2004) měli k dispozici skupinu 26 pacientů s amyotrofickou laterální sklerózou, z toho 15 prokazovalo závažnou bulbární dysfunkci. Žádný z pacientů neměl předchozí plicní onemocnění nebo signifikantní kyfoskoliózu. Studie prokázala užitečnost MI-E jak u skupiny pacientů bez bulbární dysfunkce, tak u skupiny s bulbární dysfunkcí. Zjistili, že prostřednictvím MI-E lze dosáhnout PCF větší než 2,7 l/s jak u pacientů s bulbární dysfunkcí, tak i bez ní. Nepodařilo se to pouze u 4 pacientů s vážnou bulbární dysfunkcí, kde PCF 2,7 l/ nebylo dosaženo ani při podpoře nádechu do maximální kapacity manuálním resuscitátorem. Příčinou selhání může být kolaps horních cest dýchacích v průběhu exsuflace.

Hanayama et al. (1997) provedli případovou studii ženy (69 let) s diagnózou amyotrofická laterální skleróza. Jejími hlavními problémy byla dušnost, nízká vitální kapacita (280 ml), asistovaný PCF pouze 75 l/min a průměrná saturace hemoglobinu kyslíkem 76 %. Prodělala neúspěšně terapii hrudních poklepů, posturální drenáže a napojení na intermitentní pozitivní ventilaci. Poté byla zahájena terapie MI-E, díky které dosáhla efektivní expektorace a saturace hemoglobinu kyslíkem vzrostla na 90 %. Terapie pokračovala v kombinaci s použitím intermitentní pozitivní ventilace a již druhý den se saturace hemoglobinu kyslíkem stabilizovala na hodnotě 94 %.

Bach (2002) potvrdil, že u pacientů s touto diagnózou lze MI-E použít v kombinaci s neinvazivní ventilační podporou. Výsledkem jeho studie bylo oddálení nutnosti tracheostomie o více než rok.

3.6.5.4 Traumatická poranění míchy

Hlavní nádechové svaly (včetně bránice) jsou inervovány z oblasti krční míchy, výdechové z oblasti hrudní. Nádech je tedy postižen primárně u pacientů s tetraplegií. Pro kašel jsou však nutné obě svalové skupiny, tudíž efektivní kašel bude narušen jak u pacientů s tetraplegií, tak i s paraplegií (Schmitt et al., 2006). Při traumatickém poranění míchy bývají zřídka postiženy bulbární svaly, které by pacienta omezovaly v řeči nebo způsobovaly poruchy polykání, tudíž jsou vhodnými kandidáty pro neinvazivní způsob léčby (Bach, 2012).

Pillastrini et al. (2006) zjišťovali benefit užívání MI-E u pacientů s míšními lézích v oblasti C1-C7 a tracheostomií. Každý pacient podstoupil 10 cyklů terapie. Po skončení terapie bylo zjištěno zvýšení hodnot usilovné vitální kapacity o 24 %, usilovně vydechnutého objemu

vzduchu za 1 sekundu o 33 % a vrcholového výdechového průtoku o 29 % oproti hodnotám před použití MI-E.

Bach (1993) měl ve své skupině 46 lidí s nervosvalovým postižením skupinu 5 pacientů s poraněním míchy, u kterých zjistil po použití MI-E zvýšení PCF v průměru o 5,2 l/s.

3.6.5.5 Dětsí pacienti

Podle klinických zkušeností lze použít MI-E již u dětí od 3 měsíců (Chatwin, 2008). Miske, Hickey et al. (2004) zkoumali účinnost MI-E u dětských pacientů s nervosvalovým onemocněním. Zkoumanou skupinu tvořily tyto diagnózy: Duchennova svalová dystrofie (17), spinální svalová atrofie, typ I a II (21), kongenitální myopatie (12) a nespecifické nervosvalové onemocnění (12). CoughAssist byl nastaven individuálně dle aspekčního zhodnocení rozvíjení hrudníku při insuflaci a efektivní evakuaci sekrece při exsuflaci. U 90 % pacientů byla potvrzena dobrá tolerance přístroje a nebyly objeveny žádné nežádoucí účinky.

Fauroux et al. (2008) testoval použití přístroje a jeho benefity u 17 dětí s diagnózami Duchennova svalová dystrofie (4), spinální svalová atrofie (4) a jiné kongenitální myopatie (9). Pacienti zaznamenali vzrůst maximálního nosního inspiračního tlaku a vrcholového proudu vydechovaného vzduchu. Zároveň potvrdili velice dobrou toleranci na přístroj.

He et al. (2013) se zaměřili na použití MI-E u 32 dětí s dětskou mozkovou obrnou v léčbě infekce dolních cest dýchacích. Pacienti byli rozděleni do 2 skupin, přičemž první používala přístroj Vibracare percussor a druhá CoughAssist. Ačkoliv se oba přístroje osvědčily, množství odstraněného sputa bylo na základě hodnocení dle 4bodové škály více při použití CoughAssistu, kde zároveň při 7denní terapii byl signifikantní rozdíl mezi množstvím sputa 1. a 7. den.

3.6.5.6 Pooperační terapie

Péče o pacienty s nervosvalovým onemocněním po operačním zákroku je ve většině případů komplikována retencí sputa a ventilačním selháním. Komplikace potom vedou k delší nutnosti intenzivní péče o pacienta, zavedení tracheostomie, příp. v krajním případě až smrt (Marchant & Fox, 2002).

Marchant a Fox (2002) použili MI-E u 11letého chlapce s diagnózou spinální svalová atrofie II. typu, který podstoupil operaci skoliózy (Cobbův úhel 101°). Po operaci nebyl schopný efektivně odstranit sputum z dýchacích cest, saturace hemoglobinu kyslíkem klesla

hluboko pod normu, a byl proto závislý na neinvazivním ventilátoru. MI-E byla prováděna každé 4 hodiny a pacient dokázal efektivně odstranit z dýchacích cest více sputa. Po 6 dnech potřeboval neinvazivní ventilaci již pouze v noci. Díky tomuto postupu nemusel být tracheostomován.

Gonçalves a Winck (2008) také potvrzují efekt MI-E u 18letého pacienta s myotonickou dystrofií po operaci pectus excavatum, u kterého se po zákroku objevila atelektáza v levé plíci a respirační selhání. Vitální kapacita se po použití MI-E zvýšila z 0,69 na 1,71 l, PCF ze 175 na 350 l/min a saturace hemoglobinu kyslíkem z 88 na 97 %. Ani zde nemusel být pacient díky MI-E tracheostomován.

3.6.5.7 Chronická obstrukční plicní nemoc

Použití MI-E u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí je rozporuplné. Ačkoliv je mnoho studií, které benefit MI-E potvrzují, jsou i takové, které toto tvrzení vyvrací. Účinnost MI-E u této diagnózy prokázali Winck et al. (2004), který zaznamenal u 9 pacientů zvýšení hodnot PCF i saturace hemoglobinu kyslíkem. Pacienti udávali i snížení dušnosti (hodnoceno dle Borgovy škály).

Efektem MI-E u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí se zabývali Sivasothy et al. (2001), kteří naopak potvrdili neefektivitu. Skupina 8 lidí využívala podporu MI-E (± 20 cm H₂O), kdy 2 cykly proběhly za podpory insuflace i exsuflace a při 3. cyklu byla podpořena pouze insuflace a poté byl pacient vyzván k maximálnímu volnému kašli. Bylo zjištěno, že hodnoty vrcholového proudu vydechovaného vzduchu při kašli klesly v průměru o 22 %. Po terapii MI-E klesl objem vydechnutého vzduchu při kašli z 1,02 l na 0,45 l. V závěru tvrdí, že mechanická insuflace může způsobit hyperinflaci plic, což může přispět ke snížení objemu vzduchu vydechnutého při kašli.

3.6.5.8 Prevence reintubace po extubaci

U pacientů, kteří nejsou úspěšně extubováni a je potřeba je znova zaintubovat, je daleko vyšší úmrtnost než u pacientů, kteří byli úspěšně extubováni již na první pokus. Kritických je prvních 48 hodin. Pacient po extubaci čelí hypoxemii, respirační acidóze, sekreci v dýchacích cestách a sníženému vědomí. Byly srovnávány 2 skupiny, přičemž jedna podstupovala konvenční terapii včetně neinvazivní podpory ventilace a druhá k tomuto postupu přidala terapii MI-E. To, že MI-E může přispět k úspěchu extubace, dokazují

výsledky studie. Z 20 pacientů první skupiny muselo být reintubováno 12 (60 %), ze 14 pacientů druhé skupiny pouze 2 (14 %) (Gonçalves, Honrado, Winck, & Paiva 2012).

3.6.6 Kontraindikace a vedlejší účinky

Kontraindikacemi pro užívání CoughAssistu jsou historie bulózního emfyzému, pneumotorax, nebo sklon ke vzniku pneumotoraxu nebo pneumomediastina a nedávné barotrauma (Emerson). Coomer (2009) ještě udává signifikantní hemoptýzu a jako rizikové faktory označuje také kardiální nestabilitu a nespolupracující pacienty.

Ve výjimečných případech se mohou objevit vedlejší účinky ve formě žaludečních nevolností, zvracení, gastroesofageálního refluxu, atelektázy nebo arytmií (Coomer, 2009). Homnick (2007) popisuje dále břišní distenzi, hemoptýzu, nepříjemné pocity na hrudi, příp. pneumotorax. Zároveň však říká, že tyto problémy jsou popisovány velmi zřídka. Bach (1994) ze svých zkušeností tento výrok potvrzuje. Při použití mechanické podpory insuflace a exsuflace u více než 650 lidí a několika set aplikací v průběhu řady let nezaznamenal žádný problém ve formě pneumotoraxu, aspirace žaludečního obsahu nebo hemoptýzy. Žádný z těchto problémů nezaznamenali ani Miske, Hickey et al. (2004) při použití MI-E u dětí.

3.6.7 Účinky

3.6.7.1 Zvýšení vrcholového proudu vydechovaného vzduchu při kašli

Jak již bylo uvedeno výše, metod podpory kašle je několik. U všech se ukázalo, že jsou pacienty snášeny velice dobře a jsou v terapii podpory kašle žádoucí, ale při použití MI-E vzrostly hodnoty vrcholového proudu vydechovaného vzduchu při kašli (PCF) nejvíce (Chatwin & Simonds, 2009).

Bach 1993 ve své studii prokázal, že objem vzduchu a PCF při terapii MI-E je srovnatelný s hodnotami zdravých lidí. Hodnoty PCF u 21členné skupiny s diagnózami postpoliomyelitický syndrom (10), poranění míchy (5), pseudohypertrofická svalová dystrofie (4), svalová dystrofie pletencového typu (1) a myastenia gravis (1) se pohybovaly v rozmezí 6,10–9,23 l/s (v průměru 7,47 l/s). Ve srovnání s neasistovaným kašlem bylo prokázáno zlepšení v průměru o 311 %.

Chatwin et al. (2003) také potvrdili vzrůst PCF při použití různých technik usnadňující expektoraci u 22 pacientů s nervosvalovým onemocněním – spinální svalová atrofie (10), Duchennova svalová dystrofie (6), kongenitální svalová dystrofie (3) a poliomyelitida (3), a to

jak u dětí, tak u dospělých. PCF bylo srovnáváno při kašli bez asistence, kašli asistovaném fyzioterapeutem, podpoře nádechu pomocí neinvazivního ventilátoru, kašli s podporou do exsuflace a MI-E. Při neasistovaném kašli dosahovali pacienti průměrné hodnoty 169 l/min, přičemž při MI-E byla tato hodnota převyšena a dosahovala v průměru 297 l/min. Účinnost byla prokázána i v kontrolní skupině zdravých lidí, kde došlo k vzrůstu průměrných hodnot PCF z 578 l/min na 629 l/min.

Také Winck et al. (2004) potvrdili zvýšení PCF. Jeho skupina 29 pacientů s různými nervosvalovými onemocněními (7), amyotrofickou laterální sklerózou (13) a chronickou obstrukční plicní nemocí (9) zaznamenala zvýšení PCF při insuflaci a exsufiaci 15, resp. -15, 30, resp. -30, ale nejvíce při 40, resp. -40 cm H₂O, a to nejméně o 10 %. Na tomto podkladě provedli později u dětí s různými nervosvalovými onemocněními svou studii Fauroux et al. (2008). Rovněž byla provedena měření při nastavení inspiračních a expiračních tlaků od 15 do -15, od 30 do -30 a od 40 do -40 cm H₂O. Opět byl největší nárůst PCF zaznamenán při insuflačním tlaku 40 cm H₂O a exsuflačním tlaku -40 cm H₂O.

Studii, kde naopak PCF mělo sestupnou tendenci, byla studie Sivasothy et al. (2001), kdy ve skupině 8 pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí klesl PCF po MI-E v průměru o 22 %. Srovnání benefitů použití mechanické insuflace a exsuflace s ohledem na PCF je uvedeno v tabulce 6.

Tabulka 6. Změny PCF bez asistence a při použití MI-E a procentuální změna (upraveno dle Bach, 1993; Chatwin et al., 2003; Fauroux et al., 2008; Sivasothy et al., 2001, & Winck et al., 2004)

Autor	Diagnóza	PCF (bez asistence), průměr [l/min]	PCF (MI-E), průměr [l/min]	Zlepšení [%]
Chatwin, Ross et al., 2003	NMD	169	297	76
	Kontrolní sk.	578	629	9
Bach, 1993	NMD	109	448	313
Winck et al., 2004	NMD	180	220	22
	ALS	170	200	17
	CHOPN	250	275	10
Sivasothy et al., 2001	CHOPN	370	288	-22
Faroux et al., 2008	NMD - děti	162	192	19

Vysvětlivky: PCF – vrcholový proud vydechovaného vzduchu při kašli (peak cough flow)

NMD – nervosvalové onemocnění (neuromuscular disease)

ALS – amyotrofická laterální skleróza

CHOPN – chronická obstrukční plicní nemoc

3.6.7.2 Fyziologické účinky

3.6.7.2.1 Kardiovaskulární systém

Periferní venózní tlak stoupá při exsufiaci asi o jednu třetinu oproti kašli bez mechanické podpory (cca 5,8 cm H₂O). Krevní tlak vzrůstá pouze lehce (8 mm Hg při systole a 4 mm Hg při diastole). Pulz může při MI-E stoupat i klesat. U pacientů s vysokou míšní lézí a tetrapelegií ve fázi míšního šoku se mohou objevit vážné bradyarytmie, příp. pokud pacientovi nebyly podány před terapií anticholinergní léky, tak i kompletní srdeční blokáda (Bach, 1994, Homnick, 2007). Srdeční výdej vzrůstá okolo 2,1 l/s (Bach, 1993). Studie pacientů s nervosvalovým onemocněním s hrudní infekcí neprokázala rozdíl v tepové frekvenci mezi terapií s mechanickou podporou insuflace a exsufiace a bez ní (Chatwin & Simonds, 2009). Ani u dětské skupiny pacientů s mozkovou obrnou nebyly hodnoty po požití MI-E statisticky odlišné (He et al., 2013).

3.6.7.2.2 Saturace hemoglobinu kyslíkem

Snížená saturace hemoglobinu kyslíkem bývá často odpovědí na přítomnost hlenových zátek. Při odstranění hlenu z dýchacích cest dojde opět ke zvýšení a návratu saturace do normy (Bach, 1993). Tento princip zkoumali ve svých studiích Tzeng a Bach (2000) a Vitacca et al. (2010), kdy pacienti v rámci domácí terapie používali MI-E v případě snížení saturace hemoglobinu kyslíkem (<95 %), zejména při infekci dýchacích cest.

Winck et al. (2004) zkoumal efekt MI-E na saturaci hemoglobinu kyslíkem u vzorku pacientů s různými nervosvalovými onemocněními, amyotrofickou laterální sklerózou a chronickou obstrukční plicní nemocí. U všech zmiňovaných skupin došlo ke zvýšení saturace po aplikaci MI-E. Ke zvyšování hodnot saturace docházelo přímo úměrně se stoupajícím tlakem nastaveným na přístroji. Veškeré hodnoty však byly od začátku v normě.

Hanayama et al. (1997) ve své případové studii pacientky s amyotrofickou laterální sklerózou prokázali po použití MI-E zvýšení saturace hemoglobinu kyslíkem. Před terapií byla její saturace 76 % a již po první aplikaci se zvýšila na 90 %. Pokračovala v terapii a hned druhý den saturace vzrostla a ustálila se na normální hodnotě 94 %.

Viditelně vyšší saturace hemoglobinu kyslíkem byla prokázána i ve srovnání s odsáváním sekrece přes tracheostomii. Z výchozí průměrné hodnoty 93,50 % byla saturace hemoglobinu kyslíkem zvýšena při odsátí na 94,50 %, při použití MI-E na 97 % (Sancho, Servera, Vergara, & Marín, 2003).

Studie pacientů s nervosvalovým onemocněním s hrudní infekcí neprokázala rozdíl v těchto parametrech mezi terapií bez MI-E a kombinací MI-E s běžnými fyzioterapeutickými metodami (Chatwin & Simonds, 2009). Stálou saturaci hemoglobinu kyslíkem prokázala u stabilních pacientů s nervosvalovým onemocněním i Faroux et al. (2008). Ani He et al. (2013) změny v tomto ohledu u dětských pacientů s mozkovou obrnou nezaznamenal.

3.6.7.2.3 Intragastrický tlak

V průběhu MI-E se intragastrický tlak zvýší o 26 mm Hg oproti normálnímu kašli, kdy dochází ke zvýšení tlaku na 85 mm Hg (Bach, 1994; Beck & Scarrone, 1956).

3.6.7.2.4 Pohyby bránice

Beck a Scarrone (1956) měřili pohyby bránice při insuflaci pod tlakem 30 cm H₂O a exsufflaci pod tlakem -40 cmH₂O na přístroji Exsufflation With Negative Pressure.

Descendentní posun bránice byl v rozmezí 1–3 cm, ascendentní posun byl zaznamenán pouze u zlomku probandů v rozmezí 1–2 cm.

3.6.7.3 Lepší snesitelnost oproti invazivnímu odsávání

Odsávání hlenů přes tracheostomii může vést k několika nepříjemným komplikacím. Nebezpečné je rozvinutí hypoxemie, bronchokonstrikce, srdeční arytmie, poranění průdušnice nebo porucha funkce mukociliárního aparátu (Sancho et al., 2003).

Sancho et al. (2003) provedli pilotní studii 6 pacientů s amyotrofickou laterální sklerózou. Všichni ze zúčastněných byli napojeni na mechanickou ventilaci přes tracheostomii. Měření bylo provedeno 5 minut po odsátí konvenčním způsobem a 5 minut po použití MI-E. Všichni pacienti shodně potvrdili, že MI-E byla pohodlnější a účinnější, než konvenční odsávání. Průměrný objem sekrece odsáté klasickým odsáváním byl $1,44 \pm 0,53$ ml oproti MI-E, kde byl objem $1,83 \pm 1,17$ ml. Saturace hemoglobinu kyslíkem byla významněji u MI-E, než při mechanickém odsátí.

Výhoda použití MI-E u tracheostomovaných pacientů spočívá v tom, že sekrece může být odstraněna z pravého i levého bronchu bez rozdílu. Při konvenčním odsávání dojde totiž až u 90 % pacientů k minutí levého bronchu (Bach, 2012). Použití MI-E může tedy snížit riziko plicních komplikací, počet intubací, tracheostomií a nutnost bronchoskopie (Bach, 1993; Vianello et al., 2005).

3.6.7.4 Redukce opakujících se plicních infekcí a prevence hospitalizace

Při použití MI-E u dětí byl prokázán snížený počet akutních infekcí dýchacích cest, pacienti zaznamenali zlepšení stavu při chronické atelektáze. Snížila se i frekvence vzniku pneumonie (Miske, Hickey et al., 2004).

Použití MI-E snižuje počet hospitalizací nemocného. Crew et al. (2010) prokázali účinnost MI-E u pacientů s tetraplegií (poškození v úrovních C2–C7). MI-E může podle nich snížit počet hospitalizací, neboť se předchází vzniku respirační insuficience a pneumonie.

Bento et al. (2010) pozorovali 4 roky 21 pacientů s amyotrofickou laterální sklerózou (15), Duchennovou svalovou dystrofií (2), roztroušenou sklerózou (1) a dalšími nervosvalovými onemocněními (3) a zjišťovali, zda bude mít terapie s MI-E vliv na snížení počtu hospitalizací pacienta kvůli infekci dýchacích cest. Pacienti při domácí léčbě dodržovali předepsaný protokol terapie MI-E s důrazem na kontrolu saturace hemoglobinu kyslíkem. Shodli

se na tom, že epizody snížení saturace hemoglobinu kyslíkem, které by za normálních okolností museli řešit v nemocnici, mohli zvládnout za pomoci MI-E doma.

Vitacca et al. (2010) měli po dobu 2 let k dispozici 39 pacientů s amyotrofickou laterální sklerózou. I tito pacienti byli zainstruováni tak, aby mohli podstupovat terapii v domácím prostředí. Celkově za dobu pozorování bylo zaznamenáno 181 případů zhoršení stavu, přičemž 98 nemuselo být řešeno hospitalizací. To je více než 50 %. K těmto pozitivním výsledkům přidávají i finanční hledisko. Tvrdí, že kromě toho, že je tento způsob efektivnější, je také levnější než běžná hospitalizace.

MI-E jako alternativa tracheostomie a invazivního odsávání, méně hospitalizací a úmrtí následkem respirační nedostatečnosti byla potvrzena u nervosvalových onemocnění (Tzeng & Bach, 2000) a konkrétně u Duchennovy svalové dystrofie (Gomez-Merino & Bach, 2002) a amyotrofické laterální sklerózy (Bach, 2002).

3.6.7.5 Komfort pacienta

Chatwin et al. (2003) hodnotil různé metody podpory kašle u pacientů s nervosvalovým onemocněním. K hodnocení využil Visual Analogue Scale (VAS), kde pacienti využívali stupnici 1–10. Průměrné hodnoty mezi kašlem bez asistence a mechanickou podporou insuflace a exsuflace se zvýšily z 5,4 cm na 7,3 cm. Bylo tedy potvrzeno, že pacienti tento typ léčby snášejí velice dobře.

Fauroux et al. (2008) potvrdila díky VAS benefit dobré tolerance u dětí, kde zejména při tlaku 40 cm H₂O a -40 cm H₂O udávali největší dechový komfort. Miske, Hickey et al. (2004) prokázali bez ohledu na konkrétní nastavení tlaku insuflace a exsuflace dobrou toleranci až u 90 % pacientů.

Dle VAS hodnotili Chatwin a Simonds (2009) komfort pacienta, dušnost, náladu, množství sekrece a únavu. Statisticky významné bylo snížení množství sekrece. Paradoxně však došlo ke zvýšení únavy při použití MI-E společně s klasickými fyzioterapeutickými postupy. Před terapií MI-E hodnotili pacienti únavu skórem $3,2 \pm 2,2$ a po terapii $5,1 \pm 2,6$.

Dobrou toleranci MI-E potvrdilo hned několik autorů (Chatwin et al., 2003, Fauroux et al., 2008; He et al., 2013; Sancho et al., 2003; Vitacca et al., 2010). Fauroux et al. (2008) a Winck et al. (2004) ale připomínají, že určitou roli v tomto ohledu může hrát i placebo efekt.

3.6.7.6 Snížení pocitu dušnosti

Winck et al. (2004) zvolil pro evaluaci efektu léčby na pocit dušnosti Borgovu škálu. Zkoumanou skupinu tvořili pacienti s amyotrofickou laterální sklerózou (13), chronickou obstrukční plicní nemocí (9) a pacienti s nervosvalovým onemocněním (7). U všech skupin bylo zaznamenáno snížení hodnoty koeficientu. Největší účinek udávali pacienti při tlaku 40 a -40 cm H₂O. Pacienti většinou po terapii s přístrojem CoughAssist tvrdí, že se jim lépe dýchá a cítí, jak se jim sekrece posouvá vzhůru (Miske, Hickey et al. 2004).

3.6.7.7 Zkrácení času terapie

Použití MI-E zkracuje u pacientů závislých na neinvazivní ventilaci dobu odstraňování sekrece z dýchacích cest (Chatwin & Simonds, 2009).

4 KAZUISTIKA

V následující kazuistice bude popsáno využití a efekt plicní rehabilitace včetně praktického uplatnění mechanického přístroje CoughAssist u pacientky (26 let) s diagnózou mukopolysacharidóza 3. typu.

Mukopolysacharidóza 3. typu, neboli Sanfilippův syndrom, je vzácné metabolické autozomálně recesivní onemocnění způsobené nedostatkem enzymů zajišťujících metabolismus glykosaminoglykanů v buňkách. Tento deficit pak vede k následným morfologickým a funkčním změnám tkání. Mukopolysacharidóza se obvykle objevuje kolem 1–2 let. V této první fázi dochází zejména k opoždění ve vývoji. Ve druhé fázi (kolem 3–4 let) se začínají projevovat poruchy chování a progresivní mentální retardace. V posledním stadiu onemocnění se projevují poruchy motoriky spojené s poruchami polykání (Valstar, Ruijter, van Diggelen, Poorthuis, & Wijburg, 2008). Z respiračních komplikací se s progresí onemocnění přidávají problémy sdružené se zúžením dýchacích cest (např. distenze jazyka a adenoidní vegetace, tracheobronchomalacie), plicní onemocnění (např. atelektáza, pneumonie) nebo spánková apnoe. Mechanismus dýchání může být narušen nesprávnou funkcí bránice, jejíž rozvíjení bývá omezeno kontaktem se zvětšenými ledvinami nebo slezinou. Rovněž často se rozvíjející kyfoskolióza a pectus carinatum jsou další možnou příčinou snížení vitální kapacity plic (Berger et al., 2013).

Anamnéza

U pacientky byla již v předškolním věku pozorována hyperaktivita a porucha pozornosti, postupně pokračovala progrese onemocnění, která se nyní rozvinula v těžkou mentální retardaci. Provedla opakovaně plicní infekce řešené hospitalizací a bronchoskopickým odsáváním sekrece. Poslední bronchoskopické odsátí proběhlo v březnu 2013. Současně přítomny mírné poruchy polykání, přičemž je schopna pozřít kašovitou stravu. Nyní je střídavě v péči rodičů v domácím prostředí a ošetřovatelů ve stacionáři.

Nynější onemocnění

Pacientka je v současné době dlouhodobě imobilní a projevuje se těžká mentální retardace. Jedním z hlavních problémů je stagnace bronchiální sekrece a mírné poruchy polykání.

Vyšetření

Pacientka je při vědomí, nekomunikující, neorientovaná, bez zjevného kontaktu s okolím a imobilní.

Při aspekčním vyšetření bylo zjištěno inspirační postavení hrudníku. Dýchání spontánní ústy, převážně hrudního typu, mělké a povrchní, bez patologických souhybů. Palpačně snížená posunlivost pektorální, klavipektorální a pretracheální fascie, zvýšené napětí mezižeberních svalů, skalenových svalů a m. pectoralis major a minor. Lehce snížená pohyblivost jazyky. V expirační fázi dechového cyklu poslechově akustický fenomén svědčící pro přítomnost hlenu v dýchacích cestách.

Horní končetiny jsou ve vnitřně rotačním postavení s protrakcí ramen a lehkou ulnární deviací zápěstí. Rozsah pohybu v kyčelních a kolenních kloubech je bez výrazného omezení. Rozsah pohybu do dorsální flexe je v obou hlezenních kloubech snížen.

Z funkčního hlediska je pacientka neschopná jakékoliv samostatné činnosti. Používá automatický motomed a od června 2013 za pomoci ošetřovatelky a rodičů denně CoughAssist. Z počátku bylo potřeba pouze přikládat orofaciální masku bez nastavení jednotlivých tlaků z důvodu adaptace na přístroj.

Návrh rehabilitace

Vzhledem k tomu, že je pacientka imobilní, bude důležité polohování do antidekubitních poloh, pasivní protahování jednotlivých svalových skupin k udržení plného rozsahu pohyblivosti v kloubech a zamezení rozvoje kontraktur. Bude pokračovat v užívání automatického motomedu.

V úvodu terapie je potřeba provést měkké techniky za účelem ošetření fascií, mezižeberních svalů, oblasti horní hrudní apertury a m. pectoralis major a minor.

V rámci dechové rehabilitace lze využít kontaktní dýchání s důrazem na asistovaný výdech. Pro posun bronchiální sekrece využijeme airway clearance techniques. Vhodná bude například vibrační masáž hrudníku. Z metod založených na neurofyziologickém podkladě je možné zařadit Vojtovu reflexní lokomoci (reflexní otáčení, stimulace I. hrudní zóny) pro stimulaci dýchání. Další možností terapie je zařazení terapie pro usnadnění expektorace pomocí mechanické insuflace/exsuflace s využitím přístroje CoughAssist. Po adaptaci na orofaciální masku byla v červnu 2013 zahájena vlastní terapie. Iniciální hodnoty inspiračního tlaku byly 5 cm H₂O a expiračního tlaku -8 cm H₂O a postupně byly zvyšovány. Nyní jsou hodnoty inspiračního tlaku 10 cm H₂O a expiračního tlaku -15 cm H₂O, čas nádechu 3 s a výdechu 2 s. Dále je možné modifikovat výši nastavených hodnot dle

aspekčního zhodnocení rozvíjení hrudníku při nádechu a množství odstraněné sekrece při výdechu. Terapii je prováděna 4–5 krát denně přibližně 4 cykly při 1 aplikaci. V případě výraznější únavy pacientky můžeme použít asistovanou autogenní drenáž s využitím CoughAssistu. Pro inspiraci zvolíme tlak 5 cm H₂O po dobu 3 s a pro expiraci -5 cm H₂O po dobu 5 s. Pro zvýšení efektivity evakuace hlenu můžeme dle potřeby na přístroji CoughAssist nastavit během výdechové fáze vibrační funkci. Souběžně s terapií bude vhodné zařadit i inhalační léčbu pro zvlhčení dýchacích cest a snadnější uvolnění hlenu.

Budou zařazeny i rehabilitační techniky pro řešení poruch polykání. Základem bude ošetření měkkými technikami skupiny suprahyoidních a infrahyoidních svalů (zejména pak m. digastricus) a svalů orofaciální oblasti. Současně budeme provádět i mobilizaci jazyky. Vhodná bude i zevní a vnitřní taktilní stimulace orofaciální oblasti a usnadnění polykání provedením Mendelsonova manévru nebo stimulací submandibulárního prostoru.

Všechny tyto techniky je potřeba naučit osoby, které se budou podílet na ošetřování pacientky. Ty se potom budou aplikovat dle potřeby denně.

V rámci dlouhodobého rehabilitačního plánu bude klíčovým cílem podpora efektivní expektorace, prevence infekce dýchacích cest a hospitalizace pacientky. Vzhledem k tomu, že pacientka vykazuje zjevně pozitivní účinky CoughAssistu v hygieně dýchacích cest, a po zavedení tohoto přístroje do terapie nebylo potřeba aplikovat invazivní způsob odstranění sekrece, je zcela opodstatněné pokračovat i nadále v terapii za pomoci CoughAssistu současně s ostatními konvenčními rehabilitačními postupy.

5 DISKUZE

Hygiena dýchacích cest a usnadnění expektorace jsou témata, která si získávají postupem času větší pozornost mnoha vědeckých pracovníků. Díky tomu, že se neefektivní expektorace z důvodu oslabení dýchacích svalů dotýká hned několika onemocnění, je tato problematika v různých zahraničních studiích poměrně častá. S rozvojem technologie máme v dnešní době poměrně velké množství terapeutických možností, které můžeme pacientům v léčbě poruch expektorace nabídnout. Jednou z nich je také mechanický přístroj CoughAssist.

Z předních výhod CoughAssistu můžeme uvést jeho variabilní nastavitelnost, díky které je možné přizpůsobit terapii individuálně každému pacientovi. Pro pacienty, kteří se s přístrojem teprve seznamují nebo jej používají krátkou dobu, je možné nastavit CoughAssist do automatického režimu. V manuálním režimu, který je považován za výhodnější, se zase můžeme lépe přizpůsobit dechovému stereotypu pacienta, který je opět u každého jedince velice individuální. Variabilní nastavitelnost CoughAssistu je využívána také při nastavení tlaků. Vzhledem k tomu, že terapeut může nastavit manuálně zvlášť také inspirační i expirační tlak, je schopen individuálně regulovat terapii podle toho, kterou složku kašle má nemocný insuficientní. CoughAssist může být zařazen také do pasivních instrumentálních technik airway clearance techniques, kde jej při nízkém nastavení tlaku můžeme použít pro asistovanou autogenní drenáž.

Výhodou pro pacienty, kteří disponují CoughAssistem v rámci domácí léčby, je jeho jednoduché ovládání i použití. Po správné edukaci může přístroj používat pacient sám, případně může jeho obsluhu zajistit rodinný příslušník. Pro pacienty, u kterých je přítomné zvýšené riziko hospitalizací, je tato možnost jednou z klíčových v terapii. Mohou se tak vyhnout infekcím dýchacích cest, které by bez efektivní hygieny dýchacích cest k hospitalizaci bezprostředně vedly. Je jisté, že u některých onemocnění s progresivním průběhem je již péče ve své podstatě pouze paliativní. Je proto žádoucí snažit se snížit počet hospitalizací, udržet pacienta co nejdéle v domácím prostředí a zajistit mu tak co největší komfort.

Určitou nevýhodou CoughAssistu je jeho cena. Plná cena CoughAssistu činí v dnešní době v závislosti na množství vybavení v přepočtu z amerických dolarů kolem 100 000 Kč. Zatímco do roku 2012 pronájem zdravotní pojišťovnou nebyl hrazen, v současné době je možné pronájem přístroje hradit po posouzení individuální žádosti a po schválení revizním lékařem pojišťovnou. Je potřeba si uvědomit, že se léčba díky CoughAssistu stává současně i prevencí. Prevencí následných infekcí dýchacích cest můžeme snížit počet hospitalizací,

což potvrdil ve své studii i Vitacca et al. (2010). Ve srovnání nákladů na koupi či pronájem CoughAssistu s náklady na opakovanou hospitalizaci pacienta je rozdíl zcela evidentní. Mělo by být tedy mimojiné i v zájmu snížení celkových nákladů na léčbu podpořit používání CoughAssistu.

Otázkou také může být, kdy je adekvátní zahájit užívání CoughAssistu jako mechanickou podporu insuflace a exsuflace. Chatwin (2009) sice stanovil podle hodnot PCF možný algoritmus volby vhodné metody léčby pacientů s oslabenými dechovými svaly, ale jedná se zde o hranici, při které byla prokázána neefektivita ostatních terapeutických metod. Z praktického hlediska ale nevidím problém v zařazení CoughAssistu do běžné terapie u pacientů, u kterých se hodnoty PCF pohybují nad touto hranicí. Vše se odvíjí od efektivity expektorace a individuálních potřeb pacienta. Podle těchto skutečností bychom se měli ve své strategii při volbě adekvátní terapie řídit.

Považuji za zcela žádoucí podpořit informovanost zejména mezi neurology, pneumology a fyzioterapeuty o možnosti zařazení CoughAssistu do terapie. Jistou překážkou v informovanosti zdravotnických pracovníků v České republice může být nedostatečný počet publikací, kde se tohoto tématu dotýká minimální počet autorů. Faktem je to, že v České republice je možné využití mechanické přístrojové podpory usnadnění expektorace od roku 2009, ale v klinické praxi je jeho uplatnění stále ojedinělé, a to jak v rámci nemocniční péče, tak i v rámci domácí péče (Neumannová, Zatloukal, & Šlachtová, 2013). Vzhledem k tomu, že v zahraničí fungují v klinické praxi přístroje na bázi MI-E od 50. let 20. století (resp. konkrétně CoughAssist od roku 1993), Česká republika v tomto ohledu poněkud zaostává. Z vlastní zkušenosti mohu potvrdit, že pokud jsem na jakémkoliv rehabilitačním pracovišti uvedla název přístroje CoughAssist, žádný z dotázaných fyzioterapeutů o existenci a možnostech využití tohoto přístroje nevěděl. Pokud budou mít pracovníci zdravotnických zařízení dostatečné množství informací, je nutné navázat mezioborovou spoluprací právě mezi těmito zmiňovanými obory, které se s problematikou poruch expektorace mohou v běžné praxi setkávat. Jedině tak bude zajištěna pacientům s výrazným oslabením dýchacích svalů komplexní péče.

Příložená kazuistika pacientky s mukopolysacharidózou 3. typu dokazuje efektivitu tohoto přístroje v praxi. V rámci předchozí léčby byla stagnace bronchiální sekrece řešena invazivně prostřednictvím bronchoskopického odsávání. Od zahájení terapie s využitím CoughAssistu nemusela být pacientka hospitalizována. Současně je přístroj velice dobře snášen a pacientka jej může využívat několikrát denně. Ačkoliv je obecnou kontraindikací užívání přístroje

nespolupracující pacient, mohla pacientka profitovat z jeho účinků díky dostatečnému otevření úst i dýchacích cest.

V některých případech není v lidských silách člověka zcela vyléčit. Mělo by však být naším cílem a povinností udělat vše proto, abychom zajistili nemocnému život pokud možno co nejkvalitnější.

6 ZÁVĚR

Péče o pacienty s jakýmkoliv respiračním onemocněním je v dnešní době velice aktuální problematikou. Snahou mnoha vědeckých pracovníků je zejména nalezení co nejefektivnější terapie pro usnadnění expektorace. Jejich cílem je především snížení rizika rozvoje komplikací postihující respirační systém včetně infekcí dýchacích cest. Je zřejmé, že respirační komplikace mohou mít souvislost i s onemocněním, jehož primární problém spočívá mimo dýchací ústrojí. To je případ zejména nervosvalových onemocnění a dalších onemocnění spojených s oslabením dýchacích svalů. Právě zde je nutné pamatovat na nebezpečí sekundárních respiračních problémů plynoucích z neefektivní expektorace.

Kašel jako takový je děj složený z inspirační, kompresní a expirační fáze. Každá z těchto fází může být určitým způsobem poškozena. Poškození pouze jedné z těchto částí má již za následek narušení mechanismu kašle jako celku. Prvním projevem je stagnace bronchiální sekrece a infekce dýchacích cest je poté už pouze otázkou času. Airway clearance techniques jsou u jakéhokoliv onemocnění s nedostatečnou expektorací metodou první volby. Je však nutné si uvědomit, že zejména u nervosvalových onemocnění je vlivem oslabení dýchacích svalů narušený celý mechanismus kašle a tyto techniky se mohou prokázat jako neúčinné. Důležitým krokem je zjistit, která složka nebo fáze kašle je insuficientní a zahájit terapii přesně zacílenou na konkrétní problém každého pacienta. Jednou z možností je využití mechanické přístrojové podpory pro usnadnění expektorace. Výzkumy, které byly v posledních letech provedeny, prokázaly benefit užívání CoughAssistu v mnoha směrech, a to v podobě vědecky doložených důkazů, tak i subjektivních pocitů a názorů pacienta.

Fyzioterapie nabízí široké spektrum metod hygieny dýchacích cest. Konvenční airway clearance techniques, speciální techniky podpory expektorace a mechanická přístrojová podpora expektorace, které lze libovolně používat a kombinovat dle aktuálního stavu pacienta. Je žádoucí, aby byl fyzioterapeut se všemi technikami seznámen a mohl je využít ve své klinické praxi. Je ale jisté, že pokud běžně prováděné ACT nejsou v evakuaci bronchiální sekrece efektivní, měla by být do terapie automaticky zařazena mechanická podpora insuflace a exsuflace.

7 SHRNU TÍ

Bakalářská práce se zabývá metodami pro usnadnění expektorace u pacientů s výrazným oslabením dýchacích svalů. Pro pochopení problematiky jsou v úvodní části práce uvedeny poznatky o mechanismu kašle z hlediska fyziologie a patofyziologie. Kašel je děj sestávající ze 3 fází: inspirační, glotická a expirační, přičemž každá z nich může být poškozena. Výsledkem je neefektivní expektorace vedoucí ke stagnaci bronchiální sekrece, která je příčinou mnoha dalších zdravotních komplikací. Poruchy expektorace provází široké spektrum onemocnění a vzhledem k etiologii a povaze onemocnění je schopnost efektivní expektorace narušena různě. Dostatečné množství vyšetřovacích metod nám umožňuje podrobně vyšetřit pacienta a odhalit jeho hlavní problém, na který se pak v terapii můžeme zaměřit.

V případě stagnace bronchiální sekrece jsou základní a první volbou airway clearance techniques. Jde o aktivní či pasivní techniky, které lze provádět s pomůckami nebo bez pomůcek. V situacích, kdy organismus kvůli oslabení dýchacích svalů není schopen díky airway clearance techniques zajistit efektivní expektoraci, je nutné přejít ke speciálním metodám. Ty se již zaměřují na podporu konkrétní insuficientní fáze kašle. Vzhledem k progresi většiny nervosvalových onemocnění ale postupem času přestávají být efektivní i techniky speciální. V tomto případě je nutné zahájit terapii za pomoci mechanické přístrojové podpory expektorace.

Jednou z takových možností je použití CoughAssistu. Jedná se o přístroj, který střídá pasivní insuflaci a exsuflaci díky možnosti nastavení přetlaku a podtlaku. CoughAssist je velice variabilní. Můžeme střídát automatický režim s manuálním režimem, volit můžeme velikost tlaků, délku terapie i způsob aplikace. Zvláště výhodné je možnost použití CoughAssistu u tracheostomovaných pacientů. Pozitivní účinky používání přístroje byly doloženy v několika vědeckých studiích. Díky tomu můžeme zabezpečit úspěšnou evakuaci bronchiální sekrece i u pacientů, u kterých již vzhledem k markantnímu oslabení dýchacích svalů není možné nezávislé odstranění sputa.

8 SUMMARY

The Bachelor's thesis deals with the methods for facilitating expectoration in patients with significant respiratory muscle weakness. In the introductory part of the project, the scientific knowledge of the cough mechanism is summarised from the view point of physiology and pathophysiology, so that the research problem can be well understood. Cough is a phenomenon consisting of three phases: inspiratory, compression, and expiratory. Each of the above-mentioned phases can be affected, which leads to ineffective expectoration, and results in the bronchial secretion stagnation, causing many other health complications. The expectoration disorders are accompanied by a wide range of diseases, and the disturbance of the effective expectoration ability varies, depending on the disease aetiology and nature. A sufficient amount of the examination methods enable us to examine the patient thoroughly and detect his/her major problem on which we can focus in therapy.

In the case of the bronchial secretion stagnation, airway clearance techniques are the first and basic choice. They include active or passive techniques which can be carried out with or without specific aids. When the airway clearance techniques are not able to ensure effective expectoration due to the patient's respiratory muscle weakening, it is necessary to apply special methods that focus on supporting a specific insufficient phase of cough. However, the progression of most neuromuscular diseases gradually makes even the special techniques ineffective. In such cases, it is necessary to apply therapy by means of the mechanical device support expectoration.

One of the possible techniques is the application of CoughAssist. It is a device that alternates passive insufflation and exsufflation based on the possibility of setting up positive and negative pressure. CoughAssist is quite variable. It is possible to change automatic and manual modes, choose the pressure level, therapy length, and the application method. CoughAssist is especially useful in tracheostomy patients. The positive effects of the use of the device have been reported in several research studies. Thanks to the afore mentioned facts, we can ensure the successful evacuation of the bronchial secretions also in the patients who cannot undergo an independent sputum removal owing to the considerable weakening of their respiratory muscles.

9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Agostini, P., & Knowles, N. (2007). Autogenic drainage: the technique, physiological basis and evidence. *Physiotherapy*, *93*, 157–163. Retrieved 22. 1. 2014 from the World Wide Web: http://www0.sun.ac.za/Physiotherapy_ICU_algorithm/Documentation/Changes%20on%20CxR/excessive%20secretions/References/General/Agostini_07.pdf
- Allen, J. (2010). Pulmonary complications of neuromuscular disease: A respiratory mechanics perspective. *Pediatric respiratory reviews*, *11(1)*, 18–23. Retrieved 16. 10. 2013 from the World Wide Web: <http://xa.yimg.com/kq/groups/23515872/992578103/name/Pulmonary+complications+of+neuromuscular+disease.+PRR.+2010.pdf>
- Ambrosino, N., Carpenè, N., & Gherardi, M. (2009). Chronic respiratory care for neuromuscular diseases in adults. *European respiratory journal*, *34*, 444–451. Retrieved 22. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://erj.ersjournals.com/content/34/2/444.full.pdf>
- American Thoracic Society (2004). Respiratory care of the patient with Duchenne muscular dystrophy. *American journal of respiratory and critical care medicine*, *170*, 456–465. Retrieved 20. 10. 2013 from the World Wide Web: <http://www.thoracic.org/statements/resources/pldd/duchenne1-10.pdf>
- Anderson, J. L., Hasney, K. M., & Beaumont, N. E. (2005). Systematic review of techniques to enhance peak cough flow and maintain vital capacity in neuromuscular disease: the case for mechanical insufflation-exsufflation. *Physical therapy reviews*, *10(1)*, 25–33. Retrieved 25. 8. 2013 from the World Wide Web: <http://www.maneyonline.com/doi/abs/10.1179/108331905X43454>
- Bach, J. R., & Alba A. S. (1990). Noninvasive options for ventilatory support of the traumatic high level quadriplegic patient. *CHEST*, *98*, 613–619. Retrieved 28. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/21618/613.pdf>
- Bach, J. R. (1993). Mechanical insufflation-exsufflation. Comparison of peak expiratory flows with manually assisted and unassisted coughing techniques, *CHEST*, *104*, 1553–1562. Retrieved 28. 6. 2013 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/21677/1553.pdf>
- Bach, J. R. (1994). Update and perspective on noninvasive respiratory muscle aids. Part 2: the expiratory aids. *CHEST*, *105*, 1538–1544. Retrieved 27. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/21694/1538.pdf>

- Bach, J. R., & Saporito, L. R. (1996). Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning. *CHEST*, *110*, 1566–1571. Retrieved 11. 9. 2013 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/21740/1566.pdf>
- Bach, J. R., Ishikawa, Y., & Kim, H. (1997). Prevention of pulmonary morbidity for patients with duchenne muscular dystrophy. *CHEST*, *112*, 1024–1028. Retrieved 31. 1. 2014 from the World Wide Web: https://www.aarc.org/community/neuromuscular_roundtable/journal_club/112.1024.pdf
- Bach, J. R., Niranjana, V., & Weaver, B. (2000). Spinal muscular atrophy type 1. A noninvasive respiratory management approach. *CHEST*, *117*, 1100–1105. Retrieved 29. 9. 2013 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/21942/1100.pdf>
- Bach, J. R. (2002). Amyotrophic lateral sclerosis. Prolongation of life by noninvasive respiratory aids. *CHEST*, *122*, 92–98. Retrieved 31. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/21980/92.pdf>
- Bach, J. R. (2003). Mechanical insufflation/exsufflation: has it come of age? A commentary. *European respiratory journal*, *21*, 385–386. Retrieved 11. 9. 2013 from the World Wide Web: <http://erj.ersjournals.com/content/21/3/385.full.pdf+html>
- Bach, J. R. (2012). Invited review. Noninvasive respiratory management of high level spinal cord injury. *The journal of spinal cord medicine*, *35*(2), 72–80. Retrieved 28. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3304560/pdf/scm-35-72.pdf>
- Beck, G. J., & Scarrone, L. A. (1956). Physiological effects of exsufflation with negative pressure (E.W.N.P.). *CHEST*, *29*(1), 80–95. Retrieved 27. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/21273/80.pdf>
- Behr, J., & Furst, D. E. (2008). Pulmonary function tests. *Rheumatology*, *47*, v65–v67. Retrieved 28. 10. 2013 from the World Wide Web: http://rheumatology.oxfordjournals.org/content/47/suppl_5/v65.full.pdf+html
- Bellamy, D. (2005). *Spirometry in practice. A practical guide to using spirometry in primary care* (2nd ed.). Hants: British thoracic society COPD consortium
- Bento, J., Gonçalves, M., Silva, N., Pinto, T., Marinho, A., & Winck, J. C. (2010). Indications and compliance of home mechanical insufflation-exsufflation in patients with neuromuscular diseases. *Archivos de bronconeumologia*, *46*(8), 420–425. Retrieved 31. 1. 2014 from the World Wide Web: http://apps.elsevier.es/watermark/ctl_servlet?_f=10&pident

- _articulo=13154375&pident_usuario=0&pcontactid=&pident_revista=260&ty=29&accion=L&origen=bronco&web=http://www.archbronconeumol.org&lan=en&fichero=260v46n08a13154375pdf001.pdf
- Berger, K., Fagondes, S. C., Giugliani, R., Hardy, K. A., Lee, K. S., McArdle, C., Scarpa, M., Tobin, M. J., Ward, S. A., & Rapoport, D. M. (2013). Respiratory and sleep disorders in mucopolysaccharidosis. *Journal of inherited metabolic disease*, 36(2), 201-210. Retrieved 28. 3. 2014 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/218828444/fulltextPDF?accountid=16730>
- Berly, M., & Shem, K. (2007). Respiratory management during the first five days after spinal cord injury. *The journal of spinal cord medicine*, 30(4), 309–318. Retrieved 20. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2031940/pdf/i1079-0268-30-4-309.pdf>
- Bianchi, C., & Baiardi, P. (2008). Cough peak flows: standart values for children and adolescents. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 87(6), 461–467. Retrieved 25. 9. 2013 from the World Wide Web: http://www.sobrafir.com.br/imagens_up/artigos/cpf_childre.pdf
- Boitano, L. (2006). Management of airway clearance in neuromuscular disease. *Respiratory care*, 51 (8), 913–922. Retrieved 19. 9. 2013 from the World Wide Web: <http://rc.rcjournal.com/content/51/8/913.full.pdf+html>
- Braverman, J. (2001a). Airway clearance needs in amyotrophic lateral sclerosis: an overview. *Advanced respiratory*. Retrieved 20. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.thevest.com/files/879baalsoverview.pdf>
- Braverman, J. (2001b). Airway clearance needs in Duchenne muscular dystrophy: an overview. *Advanced respiratory*. Retrieved 20. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.thevest.com/files/599addmdoverview.pdf>
- Braverman, J. (2001c). Airway clearance needs in spinal cord injury: an overview. *Advanced respiratory*. Retrieved 20. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.thevest.com/files/466BASpinalCordOverview.pdf>
- Brown, R., DiMarco, A. F., Hoit, J. D., & Garshick, E. (2006). Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. *Respiratory care*, 51(8), 853–870. Retrieved 20. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://rc.rcjournal.com/content/51/8/853.full.pdf>
- Burianová, K., Zdařilová, E., & Mayer, M. (2006). Poruchy dýchání u neurologicky nemocných. *Neurologie pro praxi*, 1, 46–48. Retrieved 16. 10 2013 from the World Wide Web: <http://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2006/01/16.pdf>

- Bushel, R. (2012). Intermittent positive pressure breathing (IPPB). Guideline for practice. *Nottingham university hospitals*. Retrieved 15. 1. 2014 from the World Wide Web: <https://www.nuh.nhs.uk/handlers/downloads.ashx?id=41928>
- Canning, B. J., Mori, N., & Mazzone, S. B. (2006). Vagal afferent nerves regulating the cough reflex. *Respiratory physiology & neurobiology*, *152*, 223–242. Retrieved 28. 10. 2013 from the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569904806001030>
- Chang, A. B. (2005). The physiology of cough. *Paediatric respiratory reviews*, *7*, 2–8. Retrieved 30. 10. 2013 from the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1526054205001107>
- Chatwin, M., Ross, E., Hart, N., Nickol, A. H., Polkey, M. I., & Simonds, A. K. (2003). Cough augmentation with mechanical insufflation/exsufflation in patients with neuromuscular weakness. *European respiratory journal*, *21*, 502–508. Retrieved 24. 9. 2013 from the World Wide Web: <http://erj.ersjournals.com/content/21/3/502.full.pdf>
- Chatwin, M. (2008). How to use a mechanical insufflator-exsufflator „cough assist machine“. *Breathe*, *4(4)*, 321–325. Retrieved 23. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.ers-education.org/lrMedia/2008/pdf/50246.pdf>
- Chatwin, M. (2009). Mechanical aids for secretion clearance. *International journal of respiratory care, autumn/winter*, 50–53. Retrieved 14. 9. 2013 from the World Wide Web: <http://www.dimaitalia.com/documenti/referenze/Mechanical%20aids%20for%20secretion%20clearance.%20By%20Chatwin.%20International%20Journal%20of%20Respiratory%20Care,%20AutumnWinter%202009.pdf>
- Chatwin, M., & Simonds A. K. (2009). The addition of mechanical insufflation/exsufflation shortens airway-clearance sessions in neuromuscular patients with chest infection. *Respiratory care*, *54(11)*, 1473–1479. Retrieved 11. 9. 2013 from the World Wide Web: <http://services.aarc.org/source/downloaddocument/downloaddocs/11.09.1473.pdf>
- Chatwin, M., Bush, A., & Simonds, A. K. (2011). Outcome of goal-directed non-invasive ventilation and mechanical insufflation/exsufflation in spinal muscular atrophy type I. *Archieve of disease in childhood*, *96*, 426–432. Retrieved 20. 9. 2013 from the World Wide Web: <http://adc.bmj.com/content/96/5/426.short>
- Coomer, A. (2009). *Cough assist machine guidelines*. Leicester: Imperial college healthcare.
- Crew, J. D., Svircev, J. N., & Burns, S. P. (2010). Mechanical insufflation-exsufflation device prescription for outpatients with tetraplegia. *The journal of spinal cord medicine*, *33(2)*,

- 128–134. Retrieved 28. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2869274/pdf/i1079-0268-33-2-128.pdf>
- Čáp, P., & Vondra, V. (2013). *Akutní a chronický kašel. Teorie a praxe*. Praha: Mladá fronta a. s.
- Dauer, W., & Przedborski, S. (2003). Parkinson's disease: mechanisms and models. *Neuron*, 39, 889–909. Retrieved 23. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627303005683>
- Denehy, L., & Berney, S. (2001). The use of positive pressure devices by physiotherapists. *European respiratory journal*, 17, 821–829. Retrieved 15. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.ersj.org.uk/content/17/4/821.full.pdf+html>
- Dias, C. M., Plácido, T. R., Ferreira, M. F. B., Guimarães, F. S., & Menezes, S. L. S. (2008). Incentive spirometry and breath stacking: effects on the inspiratory capacity of individuals submitted to abdominal surgery. *Revista brasileira de fisioterapia*, 12(2), 94–99. Retrieved 15. 1. 2014 from the World Wide Web: http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v12n2/en_a04v12n2.pdf
- Ebihara, S., Saito, H., Kanda, A., Nakajoh, M., Takahashi, H., Arai, H., & Sasaki, H. (2003). Impaired efficacy of cough in patients with parkinson disease. *CHEST*, 124, 1009–1015. Retrieved 23. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/21998/1009.pdf>
- Emerson. *Cough assist - User's guide*. Cambridge, MA, USA : J.H. Emerson Co. Retrieved 14. 7. 2013 from the World Wide Web: http://www.healthcare.philips.com/pwc_hc/main/homehealth/respiratory_care/coughassist/pdf/UserGuideCoughAssist.pdf
- Fauroux, B., Guillemot, N., Aubertin, G., Nathan, N., Labit, A., Clement, A., & Lofaso, F. (2008). Physiologic benefits of mechanical insufflation-exsufflation in children with neuromuscular diseases. *CHEST*, 133, 161–168. Retrieved 6. 9. 2013 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/22066/161.pdf>
- Finder, J. D. (2010). Airway clearance modalities in neuromuscular disease. *Pediatric respiratory reviews*, 11(1), 31–34. Retrieved 27. 8. 2013 from the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S152605420900075X>
- Fišerová, J., Chlumský, J., & Satinská, J. (2004). *Funkční vyšetření plic*. Praha: Nakladatelství GEUM.
- Fontana, G. A., Pantaleo, T., Lavorini, F., Benvenuti, F., & Gangemi, S. (1998). Defective motor control of coughing in Parkinson's disease. *American journal of respiratory and*

- critical care medicine*, 158, 458–464. Retrieved 23. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/ajrccm.158.2.9705094>
- Fontana, G. A., & Lavorini, F. (2006). Cough motor mechanisms. *Respiratory physiology & neurobiology*, 152, 266–281. Retrieved 11. 9. 2013 from the World Wide Web: http://ac.els-cdn.com/S1569904806000991/1-s2.0-S1569904806000991-main.pdf?_tid=5d92f462-8de1-11e3-a218-00000aab0f6b&acdnat=1391548663_45b66d0ecf9ac48e0cb365c3252adccc
- Gauld, L. M. (2009). Airway clearance in neuromuscular weakness. *Developmental medicine & child neurology*, 51, 350–355. Retrieved 25. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8749.2008.03198.x/pdf>
- Giannini, A., Pinto, A. M., Rossetti, G., Prandi, E., Tiziano, D., Brahe, Ch., & Nardocci, N. (2006). Respiratory failure in infants due to spinal muscular atrophy with respiratory distress type I. *Intensive care medicine*, 32, 1851–1855. Retrieved 26. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/216215057/fulltextPDF?accountid=16730>
- Gomez-Merino, E., & Bach, J. R. (2002). Duchenne muscular dystrophy. Prolongation of life by noninvasive ventilation and mechanically assisted coughing. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81, 411–415. Retrieved 31. 1. 2014 from the World Wide Web: http://www.researchgate.net/publication/11347727_Duchenne_muscular_dystrophy_prolongation_of_life_by_noninvasive_ventilation_and_mechanically_assisted_coughing/file/9c960515db3270f2da.pdf
- Gomez-Merino, E., Sancho, J., Marín, J., Servera, E., Blasco, M. L., Belda, F. J., Castro, Ch., & Bach, J. R. (2002). Mechanical insufflation-exsufflation: pressure, volume, and flow relationships and the adequacy of the manufacturer's guidelines. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81(8), 579–583. Retrieved 28. 1. 2014 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.11.0a/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=KBBIFPGKEEDDOAFDNCNKIFLBEOIAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Full%2bText%3dL%257cS.sh.22.23%257c0%257c00002060-200208000-00004%26S%3dKBBIFPGKEEDDOAFDNCNKIFLBEOIAA00&directlink=http%3a%2f%2fgraphics.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2fPDDNCLBIFDEE00%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv023%2f00002060%2f00002060-200208000-00004.pdf&filename=Mechanical+Insufflation+Exsufflation%3a+Pressure%2c+Volume%2c+and+Flow+Relationships+and+the+Adequacy>

+of+the+Manufacturer%27s+Guidelines.&pdf_key=FPDDNCLBIFDDEE00&pdf_index=/fs046/ovft/live/gv023/00002060/00002060-200208000-00004

- Gonçalves, M. R., & Winck, J. C. (2008). Commentary: exploring the potential of mechanical insufflation-exsufflation. *Breathe*, 4(4), 326–329. Retrieved 23. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.ers-education.org/lrMedia/2008/pdf/50246.pdf>
- Gonçalves, M. R., Honrado, T., Winck, J. C., & Paiva, J. A. (2012). Effects of mechanical insufflation-exsufflation in preventing respiratory failure after extubation: a randomized controlled trial. *Critical care*, 16, 1–8. Retrieved 23. 1. 2014 from the World Wide Web: http://download.springer.com/static/pdf/245/art%253A10.1186%252Fcc11249.pdf?auth66=1394799051_584450d74369d857a1a7d626cd49a248&ext=.pdf
- Gosselink, R., Kovacs, L., & Decramer, M. (1999). Respiratory muscle involvement in multiple sclerosis. *European respiratory journal*, 13, 449–454. Retrieved 23. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://erj.ersjournals.com/content/13/2/449.full.pdf>
- Guérin, C., Bourdin, G., Leray, V., Delannoy, B., Bayle, F., Germain, M., & Richard, J.-CH. (2011). Performance of the CoughAssist insufflation-exsufflation device in the presence of an endotracheal tube or tracheostomy tube: a bench study. *Respiratory Care*, 56(8), 1108–1114. Retrieved 28. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://rc.rcjournal.com/content/56/8/1108.full.pdf+html>
- Hanayama, K., Ishikawa, Y., & Bach, J. R. (1997). Amyotrophic lateral sclerosis: successful treatment of mucous plugging by mechanical insufflation-exsufflation. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 76(4), 338–339. Retrieved 11. 9. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.11.0a/ovidweb.cgi?QS2=434f4e1a73d37e8c504983e01e46c99a384b9a6fecf77973d2079a0245d5b78680a19b4eb8ac277358028b43b34c3193bd7baa332fe60355a136462781658788ffb90ca21980b653fd9bd46de6f2dc94a96893fed0e3a1d9cb827265fa6526cb6fc01c4b3eb667023605249e02c37cdf3b26f93907990b29f44ca40320d7045da58a6070f485dfb4aa3c14bb55530ffbbecc06782c40f9666083784a2a312ff1b86162ef8eaa72a550c03f7d77e91584fda994ea9119d966d1eb2a68aa898f931274c7cd024557ebe020e343f1273e37c6ceb47446778ec212a4f52777378d6383611acb30f692ac14997ae6cf49a2d96cd921474fb42187b0f45a04758cbba4a08e0848be29439705c7cfcf16ca2f91af7c9619141be26e10a38265f1a878d70128d6f4a062e3564aa0133683a871bac259438e82596c6e9c7aad03704cba866a2737f3661c97c4cbc6be0781370b3818edfde92641a0d58595cfa6adb19488b0977778f9082e264c81715a701a4400c8aebb76f4d1ff84fb48cb6beff09eb7e50ef67aaa5ff35159efc1fe0ca879088b1788644d94eb9d855080725a1e2be3>

- He, Y.-L., Liao, D.-L., Kang, H.-Y., Ke, C.-F., Chen, Y.-L., Liu, S.-F., Tsai, C.-M., Kang, C.-H., & Yu, H.-R. (2013). Comparison of mechanical insufflation-exsufflation and percussors in the treatment of lung infections for children with cerebral palsy. *Journal of pediatric respiratory disease*, 9, 40–47. Retrieved 27. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.pedipulm.org.tw/ezcatfiles/rb02/img/img/231/9-2.6.40.pdf>
- Homnick, D. N. (2007). Mechanical insufflation-exsufflation for airway mucus clearance. *Respiratory care*, 52(10), 1296–1307. Retrieved 11. 9. 2013 from the World Wide Web: http://www.aamr.org.ar/secciones/kinesiologia/insuflation_exsuflation.pdf
- Kandus, J., & Satinská, J. (2001). *Stručný průvodce lékaře po plicních funkcích*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně.
- Kang, S. W., Kang, Y. S., Moon, J. H., & Yoo, T. W. (2005). Assisted cough and pulmonary compliance in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Yonsei medical journal*, 46(2), 233–238. Retrieved 15. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://synapse.koreamed.org/Synapse/Data/PDFData/0069YMJ/ymj-46-233.pdf>
- Kang, S. W. (2006). Pulmonary rehabilitation in patients with neuromuscular disease. *Yonsei medical journal*, 47(3), 307–314. Retrieved 16. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://synapse.koreamed.org/Synapse/Data/PDFData/0069YMJ/ymj-47-307.pdf>
- Kang, S. W., Shin, J. C., Park, C. I., Moon, J. H., Rha, D. W., & Cho, D.-H. (2006). Relationship between inspiratory muscle strength and cough capacity in cervical spinal cord injured patients. *Spinal cord*, 44, 242–248. Retrieved 20. 9. 2013 from the World Wide Web: <http://www.nature.com/sc/journal/v44/n4/full/3101835a.html>
- Kato, K., Sato, N., Takeda, S., Yamamoto, T., Munakata, R., Tsurumi, M., Suzuki, D., Yagi, K., Tanaka, K., & Mizuno, K. (2009). Marked improvement of extensive atelectasis by unilateral application of the RTX respirator in elderly patients. *Internal medicine*, 48, 1419–1423. Retrieved 14. 1. 2014 from the World Wide Web: https://www.jstage.jst.go.jp/article/internalmedicine/48/16/48_16_1419/_pdf
- Kravitz, R. M. (2009). Airway clearance in Duchenne muscular dystrophy. *Pediatrics*, 123, S231–S235. Retrieved 19. 1. 2014 from the World Wide Web: http://pediatrics.aappublications.org/content/123/Supplement_4/S231.full.pdf+html
- Laghi, F., & Tobin, M. J. (2003). Disorders of the respiratory muscles. *American journal of respiratory care and critical care medicine*, 168, 10–48. Retrieved 19. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.2206020>
- Lahrman, H., Wild, M., Zdrahal, F., & Grisold, W. (2003). Expiratory muscle weakness and assisted cough in ALS. *ALS and other motor neuron disorders*, 4(1), 49–51. Retrieved 11. 9.

- 2013 from the World Wide Web: <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.1080/14660820310006733>
- Lechtzin, N. (2006). Respiratory effects of amyotrophic lateral sclerosis: problems and solutions. *Respiratory care*, 51(8), 871–884. Retrieved 19. 1. 2014 from the World Wide Web: http://pediatrics.aappublications.org/content/123/Supplement_4/S231.full.pdf+html
- Liang, B.-M., Lam, D. C. L., & Feng, Y.-L. (2012). Clinical applications of lung function tests: A revisit. *Respirology*, 17(4), 611–619. Retrieved 31. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1440-1843.2012.02149.x/pdf>
- Loos, C., Leclair-Richard, D., Mrad, S., Barois, A. & Estournet-Mathiaud, B. (2004). Respiratory capacity course in patients with infantile spinal muscular atrophy. *CHEST*, 126(3), 831–837. Retrieved 26. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=f4ee723d-84d0-4cd5-9dcc-93825a0c01c3%40sessionmgr114&hid=128>
- Máček, M., & Smolíková L. (2010). *Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.
- Maltais, F. (2011). Glossopharyngeal breathing. *American journal of respiratory care and critical care medicine*, 184, 381. Retrieved 16. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.201012-2031IM>
- Marchant, W. A., & Fox, R. (2002). Postoperative use of a cough-assist device in avoiding prolonged intubation. *British journal of anaesthesia*, 89, 644–647. Retrieved 30. 7. 2013 from the World Wide Web: <http://bjaoxfordjournals.org/content/89/4/644.full.pdf+html?maxshow=&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=marchant+fox&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>
- Marks, J. H. (2007). Airway clearance devices in cystic fibrosis. *Pediatric respiratory reviews*, 8, 17–23. Retrieved 14. 1. 2014 from the World Wide Web: http://www.fundacionfibrosisquistica.org/guias_articulos/2007/Airway%20clearance%20devices%20in%20cystic%20fibrosis.pdf
- Mazzone, S. B. (2004). Sensory regulation of the cough reflex. *Pulmonary pharmacology & therapeutics*, 17, 361–368. Retrieved 10. 10. 2013 from the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1094553904000860>
- McCool, F. D. (2006). Global physiology and pathophysiology of cough. ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *CHEST*, 129, 48S–53S. Retrieved 14. 8. 2013 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/article.aspx?articleid=1084236>

- McCool, F. D., & Rosen, M. J. (2006). Nonpharmacologic airway clearance therapies. *CHEST*, *129*, 250S–259S. Retrieved 20. 10. 2013 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org>
- McIlvaine, M. (2006). Physiotherapy and airway clearance techniques and devices. *Pediatrics respiratory reviews*, *7S*, S220–S222. Retrieved 10. 1. 2014 from the World Wide Web: http://assobrafir.com.br/imagens_up/artigos/Physiotherapy20and20airway20clearance20techniques20and20devices.pdf
- Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Crapo, R., Enright, P., van der Grinten, C. P. M., Gustafsson, P., Jensen, R., Johnson, D. C., MacIntire, N., McKay, R., Navajas, D., Pedersen, O., F., Pellegrino, R., Viegi, G., & Wanger, J. (2005). Standardisation of spirometry. *European respiratory journal*, *26*, 319–338. Retrieved 28. 10. from the World Wide Web: <http://erj.ersjournals.com/content/26/2/319.full.pdf+html>
- Miske, L. J., Hickey, E. M., Kolb, S. M., Weiner, D. J., & Panitch, H. B. (2004). Use of the mechanical in-exsufflator in pediatric patients with neuromuscular disease and impaired cough. *CHEST*, *125*, 1406–1412. Retrieved 28. 7. 2013 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/22007/1406.pdf>
- Miske, L. J., Weiner, D. J., & Panitch, H. B. (2004). Mechanical in-exsufflation: more than just airway clearance in pediatric patients. *Current medical literature: pediatrics*, *17(2)*, 29–32. Retrieved 27. 8. 2013 from the World Wide Web: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/16495047/mechanical-in-exsufflation-more-than-just-airway-clearance-pediatric-patients>
- Neumannová, K., & Kolek, V. (2012). *Asthma bronchiale a chronická obstrukční plicní nemoc*. Praha: Mladá fronta a. s.
- Neumannová, K., Zatloukal, J., & Šlachťová, M. (2013). Usnadnění expektorace pomocí airway clearance techniques u nemocných s výrazným oslabením dýchacích svalů. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, *20(1)*, 17–21.
- Ošťádal, O., Burianová, K., & Zdařilová E (2008). *Léčebná rehabilitace a fyzioterapie v pneumologii* [Vysokoškolská skripta]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Pillastrini, P., Bordini, S., Bazzocchi, G., Belloni, G., & Menarini, M. (2006). Study of the effectiveness of bronchial clearance in subjects with upper spinal cord injuries: examination of a rehabilitation programme involving mechanical insufflation and exsufflation. *Spinal cord*, *44*, 614–616. Retrieved 27. 8. 2013 from the World Wide Web: <http://www.nature.com/sc/journal/v44/n10/pdf/3101870a.pdf>

- Polverino, M., Polverino, F., Fasolino, M., Andò, F., Alfieri, A., & De Blasio, F. (2012). Anatomy and neuro-pathophysiology of the cough reflex arc. *Multidisciplinary respiratory medicine*, 7 (5), p1–p5. Retrieved 15. 10. 2013 from the World Wide Web: <http://www.mrmjournal.com/content/7/1/5>
- Phillips (2013a). Delivering innovations to meet your patient's needs. Retrieved 27. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://coughassiste70.respironics.com/accessories.html>
- Phillips (2013b). Experiencing a natural cough.
- Phillips (2013c). Phillips Respironics CoughAssist E70. Suggested protocol. Retrieved 27. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://coughassiste70.respironics.com/pdf/CA-E70-protocol.pdf>
- Providence Care (2008). What is breath stacking? Retrieved 15. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.scribd.com/doc/179189055/Breath-Stacking-handbook-pdf>
- Pryor, J. A., & Prasad S. A. (2008). *Physiotherapy for respiratory and cardiac problems*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Sancho, J., Servera, E., Vergara, P., & Marín, J. (2003). Mechanical insufflation-exsufflation vs. tracheal suctioning via tracheostomy tubes for patient with amyotrophic lateral sclerosis. A pilot study. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 82(10), 750–753. Retrieved 28. 1. 2014 from the World Wide Web: http://www.researchgate.net/publication/9082184_Mechanical_insufflation-exsufflation_vs._tracheal_suctioning_via_tracheostomy_tubes_for_patients_with_amyotrophic_lateral_sclerosis_a_pilot_study/file/9fcfd5111174e27779.pdf
- Sancho, J., Servera, E., Díaz, J., & Marín, J. (2004). Efficacy of mechanical insufflation-exsufflation in medically stable patients with amyotrophic lateral sclerosis. *CHEST*, 125, 1400–145. Retrieved 20. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/22007/1400.pdf?resultClick=1>
- Schmitt, J. K., Stiens, S., Trincher, R., Lam, M., Sarkarati, M., Linder, S., & Ho, C. H. (2007). Survey of use of the insufflator-exsufflator in patients with spinal cord injury. *Journal of the spinal cord medicine*, 30, 127–130. Retrieved 28. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2031943/pdf/i1079-0268-30-2-127.pdf>
- Servera, E., Sancho, J., & Zafra, M. J. (2003). Cough and neuromuscular diseases. Noninvasive airway secretion management. *Archivos de bronconeumología*, 39(9), 418–427. Retrieved 18. 10. 2013 from the World Wide Web: http://www.researchgate.net/publication/9082184_Mechanical_insufflation-exsufflation_vs._tracheal_suctioning_via_tracheostomy_tubes_for_patients_with_amyotrophic_lateral_sclerosis_a_pilot_study

ation/10566854_Cough_and_neuromuscular_diseases._Noninvasive_airway_secretion_management/file/72e7e524e9d9a20a3a.pdf

- Sivasothy, P., Brown, L., Smith, I. E., & Shneerson, J. M. (2001). Effect of manually assisted cough and mechanical insufflation on cough flow of normal subjects, patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and patients with respiratory muscle weakness. *Thorax*, *56*(6), 438–444. Retrieved 27. 8. 2013 from the World Wide Web: <http://thorax.bmj.com/content/56/6/438.full.pdf+html>
- Smeltzer, S. C., Lavietes, M. H., & Cook, S. D. (1996). Expiratory training in multiple sclerosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *77*, 909–912. Retrieved 23. 1. 2014 from the World Wide Web: http://www.researchgate.net/publication/14382037_Expiratory_training_in_multiple_sclerosis/file/e0b4952ba0eb4af706.pdf
- Smolíková, L., Máček, M. (2010). *Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.
- Sundar, U., Abraham, E., Gharat, A., Yeolekar, M. E., Trivedi, T., & Dwivedi, N. (2005). Neuromuscular respiratory failure in Guillaine-Barre syndrome. Evaluation of clinical and electrodiagnostic predictors. *Japi*, *53*, 764–768. Retrieved 25. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.japi.org/september2005/O-764.pdf>
- Toussaint, M. (2011). The use of mechanical insufflation-exsufflation via artificial airways. *Respiratory care*, *56*(8), 1217–1219. Retrieved 27. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://rc.rcjournal.com/content/56/8/1217.full>
- Troosters, T., Gosselink, R., & Decramer, M. (2005). Respiratory muscle assessment. *European respiratory monograph*, *31*, 57–71. Retrieved 12. 10. 2013 from the World Wide Web: <http://www.sigaa.ufrn.br/sigaa/verProducao?idProducao=820911&key=7526ba1d525c4d104feeb79c571d7d42>
- Tzeng, A. C., & Bach, J. R. (2000). Prevention of pulmonary morbidity for patients with neuromuscular disease. *CHEST*, *118*, 1390–1396. Retrieved 22. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/pdfaccess.ashx?ResourceID=2100080&PDFSource=13>
- Valstar, M. J., Ruijter, G. J. G., van Diggelen, O. P., Poorthuis, B. J., & Wijburg, F. A. (2008). Sanfilippo syndrome: A mini-review. *Journal of inherited metabolic disease*, *31*(2), 240-252. Retrieved 28. 3. 2014 from the World Wide Web: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10545-008-0838-5?no-access=true>
- Vianello, A., Corrado, A., Arcaro, G., Gallan, F., Ori, C., Minuzzo, M., & Bevilacqua, M. (2005). Mechanical insufflation–exsufflation improves outcomes for neuromuscular disease

- patients with respiratory tract infections. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 84(2), 83–88. Retrieved 31. 10. 2014 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://linksource.ebsco.com/link.aspx?id=11548&link.id=986e2062-b3b6-4fe2-ac28-912d6fe5c621&storageManager.id=18b142f9-5c38-492a-b462-a0f41a0209d7&createdOn=20140204153443>
- Vitacca, M., Paneroni, M., Trainini, D., Bianchi, L., Assoni, G., Saleri, M., Gilè, S., Winck, J. C., & Gonçalves, M. R. (2010). At home and on demand mechanical cough assistance program for patients with amyotrophic lateral sclerosis. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 89, 401–406. Retrieved 31. 1. 2014 from the World Wide Web: http://www.researchgate.net/publication/43227222_At_home_and_on_demand_mechanical_cough_assistance_program_for_patients_with_amyotrophic_lateral_sclerosis/file/32bfe50ce09043b649.pdf
- Wanger, J., Clausen, J. L., Coates, A., Pedersen, O. F, Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Crapo, R., Enright, P., van der Grinten C. P. M., Gustafsoon, P., Hankinson, J., Jensen, R., Johnson, D., MacIntyre, N., McKay, R., Miller, M. R., Navajas, D., Pellegrino, R., & Viegi, G. (2005). Standardisation of the measurement of lung volumes. *European respiratory journal*, 26, 511–522. Retrieved 28. 10. 2013 from the World Wide Web: <http://www.thoracic.org/statements/resources/pft/pft3.pdf>
- Wanger, J. (2012). *Pulmonary function testing: a practical approach (3rd ed.)*. Burlington: Jones & Bartlett learning.
- Warren, V. C. (2002). Glossopharyngeal and neck accessory muscle breathing in a young adult with C2 complete tetraplegia resulting in ventilator dependency. *Physical therapy*, 82, 590–600. Retrieved 15. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://ptjournal.apta.org/content/82/6/590.full.pdf+html>
- White, L. J., & Dressendorfer, R. H. (2004). Exercise and multiple sclerosis. *Sports medicine*, 34(15), 1077–1100. Retrieved 23. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.direct-ms.org/pdf/GeneralInfoMS/ExerciseAndMS.pdf>
- Whitney, J., Harden, B., & Keilty, S. (2002). Assisted cough. A new technique. *Physiotherapy*, 88(4), 201–202. Retrieved 28. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031940605604117#>
- Winck, J. C., Gonçalves, M. R., Lourenço, C., Viana, P., Almeida, J., & Bach, J. (2004). Effects of mechanical insufflation-exsufflation on respiratory parameters for patients with chronic airway secretion encumbrance. *CHEST*, 126, 774–780. Retrieved 26. 8. 2013 from

the World Wide Web: <http://journal.publications.chestnet.org/data/Journals/CHEST/22015/774.pdf>

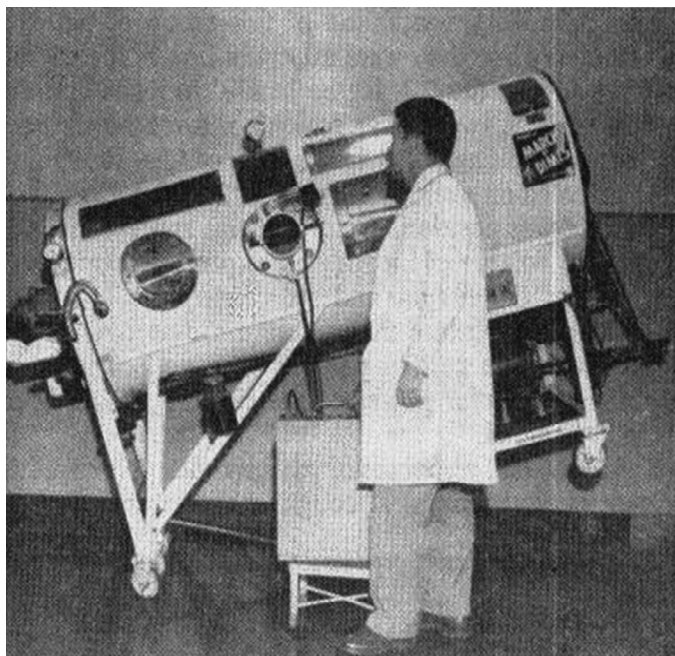
WHO (2011). Pulse oximetry. Trainig manual [Electronic version]. Retrieved 12. 11. 2013 from the World Wide Web: http://www.who.int/patientsafety/safesurgery/pulse_oximetry/who_ps_pulse_oxymetry_training_manual_en.pdf

Yavagal, D. R., & Mayer, S. A. (2002). Respiratory complications of rapidly progressive neuromuscular syndromes: Guillain-Barré syndrome and myasthenia gravis. *Seminars in respiratory and critical care medicine*, 23(3), 221–229. Retrieved 25. 1. 2014 from the World Wide Web: http://www.researchgate.net/publication/7670961_Respiratory_complications_of_rapidly_progressive_neuromuscular_syndromes_Guillain_Barr_syndrome_and_myasthenia_gravis/file/60b7d518ce788295d6.pdf

Zárate-Aspiros, R., Rosas-Sumano, A., Paz-Pacheco A., Fenton-Navarro, P., Chinas-López, S., & López-Ríos, J. (2013). Type 1 spinal muscular atrophy: Werdnig-Hoffmann disease. *Boletín medico del hospital infantil de Mexico*, 70(1), 41–44. Retrieved 26. 1. 2014 from the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=f4ee723d-84d0-4cd5-9dcc-93825a0c01c3%40sessionmgr114&hid=128>

10 PŘÍLOHY

Příloha 1. Mechanical cough chamber (Homnick, D. N., 2007, 1298)



Příloha 2. Cof-flator (Bach, J. R., 1993, 1554)



Příloha 3. CoughAssist In-Exsufflator (Homnick, D. N., 2007, 1298)



Příloha 4. CoughAssist E70 (Phillips, 2013c, 5)



Příloha 5. Pegaso (Chatwin, M., 2009, 51)



Příloha 6. Clearway (Chatwin, M., 2009, 51)

