

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Terezie Špačková

## **CoughAssist jako součást respirační fyzioterapie**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Jana Kalabusová

Olomouc 2019

# ANOTACE

**Typ závěrečné práce:** Bakalářská práce

**Název práce:** CoughAssist jako součást respirační fyzioterapie

**Název práce v AJ:** CoughAssist in respiratory physiotherapy

**Datum zadání:** 2019-01-29

**Datum odevzdání:** 2019-05-06

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta zdravotnických věd  
Ústav fyzioterapie

**Autor práce:** Špačková Terezie

**Vedoucí práce:** Mgr. Jana Kalabusová

**Oponent práce:** Mgr. Jana Vyskotová Ph.D.

**Abstrakt v ČJ:** Poruchy expektorace doprovázejí neuromuskulární onemocnění, transverzální léze míšní a některá plicní onemocnění. Mnohdy jsou závažným problémem u pacientů na jednotkách intenzivní péče. Tato bakalářská práce se zabývá poruchami expektorace, jejich příčinami a možnostmi jejich léčby v rámci respirační fyzioterapie, a to především pomocí mechanického insuflátoru-exsuflátoru CoughAssist. Cílem této práce je představit možnosti využití a postavení přístroje CoughAssist v rámci respirační fyzioterapie.

**Klíčová slova:** kašlací asistent, mechanická insuflace-exsuflace, neefektivní kašel

**Abstract:** Ineffective expectoration comes with neuromuscular diseases, transverse spinal cord lesions and some lung diseases. It represents serious problems for the patients at intensive care units. This bachelor thesis describes ineffective cough, its causes and possibilities of the treatment options within respiratory physiotherapy, mainly by means of mechanical insufflation-exsufflation CoughAssist. The aim of this thesis is to explore the potentials of using CoughAssist in respiratory physiotherapy.

**Key words:** CoughAssist, mechanical insufflation-exsufflation, ineffective cough, airway clearance techniques

**Rozsah:** 45 stran

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci dne .....

Podpis .....

## **Poděkování**

Děkuji své vedoucí práce Mgr. Janě Kalabusové za ochotu, trpělivost a podporu při vedení práce a také za veškerý čas, který mé práci věnovala. Můj dík patří také mému snoubencovi, celé mé rodině a přátelům, kteří mě během studia podporovali.

## Obsah

Úvod.....	7
1 Přehled poznatků.....	9
1.1 Kašel.....	9
1.1.1 Mechanismus kašle .....	9
1.1.2 Neurofyziologie kašle .....	10
1.1.3 Aspekty efektivního kašle .....	11
1.2 Patofyziologie.....	11
1.2.1 Příčiny vzniku neefektivního kašle .....	12
1.2.2 Zhoršená mechanika kašle.....	12
1.3 Nejčastější onemocnění s poruchou expektorace .....	13
1.3.1 Spinální svalová atrofie (spinal muscular atrophy – SMA).....	13
1.3.2 Duchenneova svalová dystrofie.....	14
1.3.3 Transverzální léze míšni.....	14
1.3.4 Amyotrofická laterální skleróza (ALS).....	15
1.4 Vyšetřovací metody .....	15
1.4.1 Spirometrie .....	16
1.4.2 Celotělová pletysmografie.....	16
1.4.3 Vrcholový průtok při kašli (Peak cough flow, PCF).....	16
1.4.4 Měření síly dýchacích svalů .....	17
1.4.5 Elektromyografie (EMG) respiračních svalů .....	18
1.5 Techniky pro usnadnění expektorace (cough augmentation techniques).....	18
1.5.1 Techniky k facilitaci nádechu .....	18
1.5.2 Techniky k facilitaci výdechu .....	19
1.6 Mechanická insuflace-exsuflace (MI-E).....	21
1.6.1 Historie a vývoj .....	22
1.7 Přístroj CoughAssist.....	22
1.7.1 Princip přístroje .....	23
1.7.2 Indikace CoughAssist.....	24
1.7.3 Kontraindikace .....	25
1.7.4 Nežádoucí účinky .....	25
1.7.5 Nastavení přístroje CoughAssist .....	26

1.8	CoughAssist u dětí.....	28
1.9	Dlouhodobé použití CoughAssist v domácí léčbě.....	29
1.10	Použití CoughAssist v intenzivní péči.....	31
1.11	Kombinovaná terapie.....	32
	Závěr.....	33
	Referenční seznam .....	35
	Seznam zkratk .....	43
	Seznam obrázků .....	44
	Seznam tabulek .....	45

## Úvod

Kašel je základním obranným mechanismem pro udržení volných dýchacích cest bez cizorodých elementů. V případě, že je porušena některá složka expektoračního cyklu (jako např. slabost respiračního svalstva, paréza n. phrenicus nebo bulbární dysfunkce), snižuje se účinnost expektorace. Neúčinný kašel vede k hromadění bronchiálního sekretu, atelektáze, zánětům a infekcím, které mohou způsobit respirační selhání a potřebu reintubace. Respirační insuficience je také nejčastější příčinou morbidity a mortality jedinců s neuromuskulárním onemocněním.

Pokud pacient není schopen účinně kašlat, je nutné použít techniky k posílení nebo nahrazení kašle. Jednou z možností podpory expektorace je mechanická insuflace-exsuflace pomocí CoughAssist.

Cílem bakalářské práce je sumarizovat aktuální poznatky o přístroji CoughAssist, jeho účinnosti a postavení v rámci respirační fyzioterapie. A dále také jeho možné využití v nemocniční a dlouhodobé domácí péči.

Studie byly vyhledávány v on-line databázích Medvik, PubMed, Google Scholar a ScienceDirect za pomoci klíčových slov CoughAssist, assist cough, neuromuscular disease, cough augmentation, mechanical in-exsufflator, ineffective cough a airway clearance techniques. Dále byly použity knižní zdroje a standardy České pneumologické a ftizeologické společnosti. Pro tvorbu bakalářské práce bylo celkově použito 59 odborných článků, z toho 43 zahraničních studií, 8 českých studií, 4 knižní publikace a 3 standardy České pneumologické a ftizeologické společnosti. Práce čerpá z článků, které byly publikovány v letech 1993 až 2019 a k jejich hledání došlo v období od dubna 2018 do dubna 2019.

Těchto 6 elektronických článků, uvedených níže, sloužilo jako vstupní literatura:

BOITANO, L. J. 2006. Management of airway clearance in neuromuscular disease. *Respiratory Medicine* [online]. 51 (8), 913-924, [cit. 2018-05-14]. ISSN 1943-3654. Dostupné z: <http://rc.rcjournal.com/content/51/8/913.short>.

FERNÁNDEZ-CARMONA, A., OLIVENCIA-PEÑA, L., YUSTE-OSSORIO, M. E., PEÑAS-MALDONADO, L. 2018. Ineffective cough and mechanical mucociliary clearance techniques. *Medicina Intensiva (English Edition)* [online]. 42 (1), 50-59, [cit. 2018-11-05]. ISSN 2173-5727. Dostupné z: doi 10.1016/j.medine.2017.12.005.

HOMNICK, D. N. 2007. Mechanical Insufflation-Exsufflation for Airway Mucus Clearance. *Respiratory Care* [online]. 52 (10), 1296-1307, [cit. 2018-11-11]. ISSN 1943-3654. Dostupné z: <http://rc.rcjournal.com/content/52/10/1296/tab-pdf>.

NEUMANNOVÁ, K., DOUŠOVÁ, T., SEDLÁK, V., ZATLOUKAL, J., KOS, S. 2017. The Czech Pneumological and Physiological Society and the Czech Society for Paediatric Pulmonology Guidelines for Long-term Home Treatment Using the CoughAssist Machine in Patients with Serious Cough Disorders. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. 80/113 (4), 480-484 [cit. 2018-05-11]. ISSN 1210-7859. Dostupné z: doi 10.14735/amcsnn2017480.

WHITNEY, J., HARDEN, B., KEILTY, S. 2002. Assisted Cough. *Physiotherapy* [online]. 88 (4), 201-207, [cit. 2018-10-26]. ISSN 0031-9406. Dostupné z: doi 10.1016/S0031-9406(05)60411-7.



# 1 Přehled poznatků

## 1.1 Kašel

Kašel je komplexní ochranný reflex, který odstraňuje dráždivý materiál nebo nadměrný sekret z dýchacích cest. Slovo kašel zahrnuje ochranný respirační reflex, mechanismus sloužící k očistě dýchacích cest, symptom respiračního onemocnění a volní řízený pohyb (Spinou, 2018, s. 5). Může být iniciován různými stimuly, ale lze jej také částečně potlačit. Kašel může být reakcí na vnější prostředí, změny teplot nebo vystavení podnětům jako je cigaretový kouř (Morice, 2013, s. 1).

Clearance dýchacích cest je potřebná v případě, kdy je přítomno velké množství vdechnutého cizorodého materiálu, hlenu (v důsledku nadměrné sekrece a mukociliární dysfunkce) nebo abnormálních látek jako je edém a hnis (McCool, 2006, s. 48).

### 1.1.1 Mechanismus kašle

Základní podmínkou pro reflexní mechanismus kašle je úplné uzavření epiglottis (Véle, 1997, s. 199). Reflexní děj má tři fáze.

V první fázi (inspirace) laryngeální abduktory rozevírají glottis a inspirační svaly se kontrahují, čímž se rozšíří hrudník a vytvoří se vysoký inspirační objem potřebný k efektivnímu kašli (McCool, 2006, s. 48). Rozšíření hrudníku prodlužuje vlákna expiračních svalů a vytváří ideální vztah délky-napětí pro jejich kontrakci. Pro tuto fázi je klíčová síla nádechových svalů pro dostatečně hluboký nádech a udržení alveolární ventilace (Neumannová, Nápravník a Hlaváčková, 2013, s. 481; McCool, 2006, s. 48).

Druhá fáze (komprese) je zahájena uzavřením glottis. Poté dojde k izometrické kontrakci výdechových svalů proti uzavřené glottis. Glottický uzávěr udržuje objem plic a minimalizuje zkrácení výdechových svalů, čímž podporuje jejich izometrickou kontrakci. Umožňuje jim zachovat výhodnější poměr síly a délky, a tím vytvářet pozitivní intraabdominální a intrathorakální tlak (McCool, 2006, s. 49).

V třetí fázi (expiration) pozitivní intrathorakální tlak vyvinutý během kompresní fáze podpoří vysoký výdechový průtok. Zúží se dýchací cesty a náhlým otevřením hlasivkové štěrbině dojde k prudkému vykašlání vzduchu spolu s hlenem. Zde je podstatná dostatečná síla výdechových svalů (Rokyta, 2015, s.192; McCool, 2006, s. 49). Velká rychlost vzduchu během kašle přenáší kinetickou energii na intraluminární sekret, odstříhne ho od bronchiální stěny a přenáší ho směrem k ústům (Sivasothy et al., 2001 in Laghi et al., 2017, s. 17).

### 1.1.2 Neurofyziologie kašle

Samotný reflex vzniká podrážděním receptorů tusigenních zón. Ty se nacházejí v horním laryngu, pharyngu, distální trachei, bifurkaci velkých bronchů, zevním zvukovodu, slezině, parietální pleuře, žaludku a na mnoha dalších místech (Boitano, 2006, s. 914; Kolek, Kašák a Vašáková, 2014, s. 23).

Druh stimulu a místo stimulace ovlivňuje aferentní složku kašle. Kašel může být vyvolán mechanickým/chemickým stimulem na mechanoreceptorech a chemoreceptorech (Spinou, 2018, s. 6).

Informace z mechanoreceptorů jsou vedeny myelinizovanými vlákny. Tyto receptory dělíme (na základě jejich adaptace na nepřetržité naplnění plic) na rychle se adaptující receptory (rapidly adapting receptors – RARs) a pomalu se adaptující receptory (slowly adapting receptors – SARs). Jsou mimořádně citlivé na jakékoliv mechanické podněty, jako je například změna objemu plic nebo kontrakce hladké svaloviny dýchacích cest (Mazzone, 2004, s. 361–362).

Chemoreceptory kašle se nachází v distální části a bifurkaci trachei (Camela, Galluci a Ricci, 2018, *in press*). Jsou citlivé na široké spektrum chemických dráždivých látek. Od potravinových extraktů (kapsaicin, hořčičný olej, wasabi a zázvor) přes vlivy prostředí (cigaretový kouř, znečištěné ovzduší, výfukové plyny) až po endogenní mediátory (bradykinin, prostanoidy, produkty oxidace). Chemické stimuly jsou vedeny nemyelinizovanými C vlákny (Grace et al., 2013, s. 500).

Kašlací reflex nelze vyvolat z menších bronchů, bronchiolů a alveolů. Proudění vzduchu a rychlost vytvořená v lumen distálních částech dýchacích cest jsou příliš nízké k vytvoření turbulentního proudění a smykového tření nutného k efektivní očistě dýchacích cest (Spinou, 2018, s. 5).

Nervus vagus obsahuje většinu vláken kontrolujících kašel, dojde-li k denervaci tohoto nervu, může být eliminována expektorace. V důsledku inervace n. vagus lze kašlací reflex vyvolat například i podrážděním vnějšího zvukovodu (Spinou, 2018, s. 5).

Těla senzitivních neuronů, které mohou iniciovat kašel, se nacházejí v ganglion superius a inferius (n. vagus) nebo ve spinálních gangliích na úrovni hrudní míchy. Vlákná končí v jádrech mozkového kmene (Mazzone, 2004, s. 361; Grace, 2013, s. 499–500).

Pro vyvolání kašlacího reflexu jsou nezbytná nejenom centra řídicí klidové dýchání, ale i okruhy spojené s nucleus tractus solitarii (Canning et al., 2014, s. 1638). Dále se uplatňují jádra rafeálního systému, laterálního tegmenta prodloužené míchy a pontinní respirační jádra.

Důležitou roli má také mozeček, který svými výstupy z vestibulární a spinální části zajišťuje vzájemnou spolupráci respiračních jader při kašli (Rokyta, 2015, s. 192).

### **1.1.3 Aspekty efektivního kašle**

Efektivní kašel závisí na vitální kapacitě plic, vrcholovém průtoku vzduchu při kašli (Peak Cough Flow – PCF) a na intaktní bulbární funkci (Whitney, Harden a Keilty, 2002, s. 202).

Pro uvolnění sekretu z dolních plicních segmentů je nezbytná vitální kapacita 1–1,5 l, u zdravých jedinců dosahuje 85–90 % jejich nádechového rezervního objemu před expektorací (Whitney, Harden a Keilty, 2002, s. 202).

Přechodná komprese expiračních svalů podporuje rozvoj PCF, který vytváří další smykové síly přispívající k uvolňování sekretu (Zahm et al., 1991 in Laghi et al., 2017, s. 17). Minimální hodnota PCF pro efektivní kašel je 160 l/min, u zdravých jedinců se tato hodnota pohybuje kolem 360–1200 l/min (Neumannová et al., 2017, s. 481).

Dále je nezbytná adekvátní bulbární funkce. Po hlubokém nádechu se uzavře glottis a kontrakcí výdechového svalstva roste intrathorakální tlak (Whitney, Harden a Keilty, 2002, s. 202). Vysoký nitrohruční tlak je potřebný k vytvoření dynamické komprese dýchacích cest, která je klíčovým faktorem pro efektivní kašel (Laghi et al., 2017, s. 17).

Faktory, které přímo ovlivňují účinnost kašle, jsou hlenová viskoelasticita a umístění hlenu v dýchacích cestách. Hlen s vyšší elasticitou se hůře vylučuje cestou expektorace, ale lépe cestou ciliární aktivity. Kdežto viskózní hlen se lépe odstraňuje kašlem. Také hlen uložený v centrálních dýchacích cestách se lépe odkašlává, než když se nachází v periferních dýchacích cestách (Homnick, 2007, s. 1297; Chatwin, 2009, s. 50).

## **1.2 Patofyziologie**

Neefektivní kašel zvyšuje riziko respiračních komplikací jako jsou například stagnace sekretu v dolních cestách dýchacích, tvorba hlenových zátek, rozvoj atelektázy, pneumonie a respiračního selhání (Rose et al., 2017, s. 6; Neumannová, Doušová a Koblížek, 2017, s. 2).

Pokud se hodnota PCF sníží pod 120 l/min., pacient je ohrožen komplikacemi spojenými s neefektivním kašlem (Neumannová, Doušová a Koblížek, 2017, s. 2).

### 1.2.1 Příčiny vzniku neefektivního kašle

Na neefektivním kašli se podílí snížená síla nádechových a výdechových svalů, nedostatečné rozvíjení hrudníku nebo porušená inervace glottis (Neumannová, Doušová a Koblížek, 2017, s. 5–6).

Slabost nádechových svalů vede k progresivnímu snížení vitální kapacity (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 99). Inspirační objem normálně vytváří optimální vztah délky a svalového tonu výdechových svalů a elastický návrat hrudní stěny (Homnick, 2007, s. 1297). Proto změny plicního objemu, objevující se u pacientů s neuromuskulárním onemocněním, lze přičíst kombinaci svalové slabosti a zhoršení mechanických vlastností plic a hrudní stěny (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 99).

Špatné rozvíjení hrudníku může být z různých příčin. Například nedostatečnou silou nádechových svalů, porušeným dechovým stereotypem, blokádami žeber, zkrácením svalů nebo zvýšeným napětím svalů v oblasti hrudníku a krční páteře (Neumannová, Doušová a Koblížek, 2017, s. 5–6).

Při bulbární dysfunkci dochází k neschopnosti rychle otevřít glottis a udržet průchodnost horních cest dýchacích během kašle (Chiang a Amin, 2017, s. 4). Těžká bulbární dysfunkce a hlasivková insuficience se nejčastěji vyskytuje u pacientů s amyotrofickou laterální sklerózou, spinální svalovou atrofií typu 1, pseudobulbárním syndromem a s jinými vzácnými neuromuskulárními onemocněními jako je X-vázaná myotubulární myopatie. Neschopnost uzavřít glottis a hlasivkové vazy vede ke kompletní ztrátě schopnosti kašlat a polykat, což může způsobit shromažďování slin a hlenu ve pharyngu (především v sinus pyriformis a v alekulách) (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 99).

Další příčinou neefektivního kašle může být také skolióza. Deformita hrudníku způsobuje neideální zapojení dýchacích svalů, což snižuje maximální inspirační a expirační tlaky během kašle. Estenne ve své studii uvádí, že významná hrudní skolióza může snížit plicní poddajnost o 25–50 % u dětí i dospělých (Estenne, 1998 in Camela, Gallucci a Ricci, 2018, *in press*).

### 1.2.2 Zhoršená mechanika kašle

Iniciální fáze kašle je doprovázena vdechnutím objemu vzduchu, který je blízký celkové kapacitě plic. Inhalace vysokého plicního objemu optimalizuje expirační tlaky a zvýší výdechový průtok a rychlost. Výdechové svaly jsou blízko jejich optimální délce a dojde k roztažení elastických vláken hrudní stěny. Všechny tyto faktory zvyšují výdechové tlaky během kašle (McCool, 2006, s. 49).

Pacienti s neuromuskulárním onemocněním nebo se slabostí nádechových svalů inhalují pouze omezený objem vzduchu. Protože je inhalovaný objem redukován, výdechové tlaky, průtok vzduchu a rychlost jsou sniženy. Lehké až středně závažné stupně postižení inspiračních svalů se nemusí projevit. Naproti tomu i lehké postižení výdechových svalů může mít nepříznivý efekt na expirační tlaky a výdechové průtoky potřebné k efektivnímu kašli (McCool, 2006, s. 49).

### **1.3 Nejčastější onemocnění s poruchou expektorace**

Mezi nejčastější onemocnění, u kterých se vyskytuje porucha expektorace, patří spinální svalová atrofie, Duchenneova a Beckerova svalová dystrofie, amyotrofická laterální skleróza, choroba Charcot-Marie-Tooth, myopatie, dětská mozková obrna, Huntingtonova, choroba, transversální míšní léze a stavy spojené s porušenou inervací dýchacích svalů (Burianová et al., 2006, s. 46).

#### **1.3.1 Spinální svalová atrofie (spinal muscular atrophy – SMA)**

SMA je autozomálně recesivní neuromuskulární onemocnění. Projevuje se progresivní svalovou slabostí a atrofií (Landfeldt et al., 2019, *in press*; Kariyawasam et al., 2018, s. 3). U těžkých forem SMA se objevuje bulbární dysfunkce se zhoršenou schopností polykat, hromaděním slin v ústech a vysokým rizikem aspirace (Fitzgerald, Doumit a Abel, 2018, s. 14). Pro SMA jsou typické slabé mezižeberní svaly a zároveň relativně silná bránice. Nedostatečný odpor mezižeberních svalů proti bránici vede ke vzniku deformit hrudníku jako je např. pectus excavatus (Schroth, 2009, s. 245).

Snížená funkce dýchacích svalů vede ke zhoršené clearance dýchacích cest, poruše expektorace, hypoventilaci během spánku, nedostatečnému vývoji plic a hrudní stěny a opakovaným infekcím, které ještě více zhoršují svalovou slabost a integritu plicního parenchymu (Schroth, 2009, s. 245).

SMA I. typu je nejzávažnější a nejčastější forma onemocnění, která se objevuje do 6. měsíce věku dítěte. Tyto děti nedokáží sedět a málokdy přežijí 2. rok života bez ventilační podpory (Landfeldt et al., 2019, *in press*, Schroth, 2009, s. 245).

SMA II. typu se začíná projevovat mezi 6.–18. měsícem života dítěte. Je to méně závažná forma, kdy je dítě schopno samostatně sedět. Obvykle se dožívají dospělosti (Landfeldt et al., 2019, *in press*).

SMA III. typu je nejlehčí forma onemocnění. Začíná se projevovat po 18. měsíci života dítěte. Jedinci se dokáží naučit chodit, ale následně mohou tuto schopnost zase ztratit v důsledku progresivního charakteru onemocnění (Landfeldt et al., 2019, *in press*). Mají normální délku života (Schroth, 2009, s. 245).

Nejčastější příčinou morbidity a mortality u pacientů s těžkou formou SMA je respirační selhání (Kariyawasam et al., 2018, s. 3; Ambrosino, Carpena, a Gherardi, 2009, s. 444).

### **1.3.2 Duchenneova svalová dystrofie**

Duchenneova svalová dystrofie je X-vázané recesivní onemocnění, které je způsobené mutací genu pro tvorbu dystrofínu. U pacientů se postupně rozvíjí svalová slabost axiálního svalstva a kolem 7.–13. roku života ztrácejí schopnost chůze. Rozvíjí se také svalová slabost respiračního svalstva, která může vést k opakovaným plicním infekcím a progresivním respiračním selháním (Camela, Gallucci a Ricci, 2018, *in press*).

V posledních letech díky nástupu ventilační podpory u těchto pacientů se průměrný věk úmrtí spojený s respiračním selháním zvýšil ze 17,7 na 27,9 let (Camela, Gallucci a Ricci, 2018, *in press*).

Častou komplikací Duchenneovy svalové dystrofie je skolióza (po definitivní ztrátě schopnosti chůze), která může ještě více zhoršit neefektivnost kašle (Camela, Gallucci a Ricci, 2018, *in press*).

Inspirační fáze je narušena především kvůli svalové slabosti bránice, která brání dosažení optimálních inspiračních objemů. Avšak nejvíce je u pacientů se svalovou dystrofií ohrožena expirační fáze kašle v důsledku slabosti břišního svalstva (Camela, Gallucci a Ricci, 2018, *in press*).

### **1.3.3 Transverzální léze míšní**

Poranění krční a horní hrudní míchy narušuje funkci bránice, interkostálních, břišních a pomocných dýchacích svalů. To se projevuje snížením spirometrických parametrů a statických ústních tlaků. (Schilero et al., 2009, s. 129). Neefektivní expektorace se objevuje u pacientů s poraněním míchy nad Th8 (Winter, Pattani a Temple, 2017, s. 407).

Téměř u všech dětí s vysokou transverzální lézí míšní, které ještě nemají uzavřené růstové chrupavky, se rozvíjí neuromuskulární skolióza. Ta vede k progresivnímu snížení plicních objemů a mechanické účinnosti hrudní stěny (Singh et al., 2018, s. 174).

Jedinci s tetraplegií a vysokou paraplegií mají více ohroženou expirační svalovou funkci, což může mít za následek neúčinný kašel a sklon k retenci hlenu a atelektáze. Na rozdíl od jiných neuromuskulárních onemocnění je u tetraplegie zachována inspirační svalová funkce (především funkce bránice) (Schilero et al., 2009, s. 129).

Jedinci s nižším poraněním spinální míchy často vykazují těžkou expektorační a lehkou inspirační svalovou slabost, a proto mají také ohroženou schopnost kašle (McCool, 2006, s. 49).

#### **1.3.4 Amyotrofická laterální skleróza (ALS)**

ALS je neuromuskulární onemocnění charakterizované poruchou centrálního a periferního motoneuronu (Niedermeyer, Murn a Choi, 2019, s. 401). Nástup onemocnění ALS je u těchto pacientů většinou mezi 50 a 60 lety (Nichols et al., 2013, s. 429). Většina jedinců s ALS umírá na respirační komplikace do 3–5 let od určení diagnózy (Niedermeyer, Murn a Choi, 2019, s. 401).

Protože ALS ovlivňuje jak horní tak i dolní motoneuron, způsobuje hyperreflexii, spasticitu, svalové fascikulace, atrofii a slabost (Braun, Caballero-Eraso a Lechtzin, 2018, s. 391). Progresivní slabost diaphragmy a interkostálních svalů vede k respirační slabosti a poruše inspirační fáze kašle (Nichols et al., 2013, s. 429). Nakonec onemocnění postupuje k funkční quadruplegii (Braun, Caballero-Eraso a Lechtzin, 2018, s. 391).

### **1.4 Vyšetřovací metody**

Cílem funkčního vyšetření je zhodnocení plicních funkcí a síly dýchacích svalů (Žůrková a Shudeiwa, 2012, s. 336). Vyšetření lze provádět i u pacientů s tracheostomií, intubovaných pacientů nebo u pacientů připojených na umělou plicní ventilaci (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 51).

### **1.4.1 Spirometrie**

U pacientů s poruchou expektorace je indikováno spirometrické vyšetření k ozřejmění stupně postižení, určení prognózy onemocnění a monitorování efektivity léčby (Chlumský et al., 2016, s. 3; Neumannová, Zatloukal a Koblížek, 2014, s. 19). Dle České pneumologické a ftizeologické společnosti je doporučena frekvence spirometrického vyšetření u pacientů v klidovém stádiu onemocnění 1x za 3 měsíce, při změně léčby nebo stavu pacienta lze provést častěji (Chlumský, 2016, s. 63).

### **1.4.2 Celotělová pletysmografie**

Tato technika slouží ke stanovení plicních funkcí pomocí celotělového pletysmografu. Jedná se o skleněnou komoru o objemu 700–1000 l. Během měření je komora vzduchotěsně uzavřena. Princip měření běžně používaných pletysmografů je založen na detekci změn tlaku v samotném boxu a v ústech vyšetřovaného (Criée et al., 2011, s. 960–961). Dle České pneumologické a ftizeologické společnosti je doporučena frekvence vyšetření pletysmografie v klidovém stádiu onemocnění 1x za 6 měsíců (Chlumský, 2016, s. 66).

Celotělová pletysmografie slouží ke stanovení totální plicní kapacity (TPC), reziduálního objemu (RV), nitrohruďního objemu plynů a rezistence dýchacích cest (airway resistance – Raw) (Criée et al., 2011, s. 962).

### **1.4.3 Vrcholový průtok při kašli (Peak cough flow, PCF)**

PCF je vrcholový výdechový průtok měřený během kašle (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 52). Pro hodnocení PCF se používá výdechoměr. Jedinec je vyzván, aby se nadechnul a potom do přístroje zakašlal. Normální hodnota PCF dospělých a dětí starších 12 let je 400–1200 l/min. U dětí se hodnota PCF liší podle pohlaví, výšky a povrchu těla (Chiang a Amin, 2017, s. 5). Testování PCF u pacientů s neuromuskulárním onemocněním by mělo být prováděno s použitím obličejové masky (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 100).

#### **1.4.3.1 Asistovaný PCF**

Pacient je vyzván, aby zakašlal po maximálním asistovaném nádechu. Asistovaný nádech se provádí pomocí ambuvaku (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 100).

#### **1.4.3.2 Neasistovaný PCF**

Pacient je vyzván, aby zakašlal po maximálním neasistovaném nádechu (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 100).



## 1.4.4 Měření síly dýchacích svalů

### 1.4.4.1 Maximální okluzní ústní tlaky

Maximální expirační ústní tlak (Peak expiratory pressure –  $PE_{max}$ ) hodnotí sílu expiračních svalů pomocí Valsavova manévru. Měří se během maximálního výdechového úsilí proti uzavřené epiglottis (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 51; Žůrková a Shudeiwa 2012, s. 338; Kolek, Kašák a Vašáková., 2014, s. 100).

Maximální inspirační ústní tlak (Peak inspiratory pressure –  $PI_{max}$ ) hodnotí sílu inspiračních svalů pomocí Müllerova manévru. Měří se během maximálního nádechového úsilí proti uzavřené epiglottis (Žůrková a Shudeiwa, 2012, s. 338; Kolek, Kašák a Vašáková, 2014, s. 100).

Vyšetření se provádí vsedě. Pacient má přiložen nosní klip a dýchá přes náustek s obrubou, nebo přes rigidní náustek. Měření se provádí 3–5 x za sebou a mezi pokusy musí být vždy 1 minuta pauza. Optimální hodnota  $PE_{max}$  je 60 cm H<sub>2</sub>O a více. Při neefektivním kašli je  $PE_{max}$  nižší než 45 cm H<sub>2</sub>O (Žůrková a Shudeiwa, 2012, s. 338).

### 1.4.4.2 Žaludeční tlak při kašli (Gastric pressure during cough maneuvering – PGA)

Jde o invazivní měření tlaku v žaludku v expirační fázi kašle. Tento parametr odhaduje sílu expiračních svalů (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 51–52).

### 1.4.4.3 Inspirační tlak měřený v dutině nosní (Sniff nasal inspiratory pressure – SNIP)

Slouží k hodnocení síly inspiračních svalů při nádechu nosem. Vyšetření nevyžaduje použití náustku. A proto může být tento parametr vhodnější než okluzní ústní tlaky pro posouzení síly respiračních svalů u pacientů s neuromuskulárním onemocněním (Chaudri et al., 2000, s. 539). Optimální hodnoty jsou u žen  $\geq 60$  cm H<sub>2</sub>O a mužů  $\geq 70$  cm H<sub>2</sub>O (Žůrková a Shudeiwa, 2012, s. 329).

#### **1.4.5 Elektromyografie (EMG) respiračních svalů**

EMG dýchacích svalů slouží k posouzení funkce neuromuskulárního aparátu zajišťující dýchání (především k detekci myopatie a denervace). K snímání elektrických potenciálů jednotlivých motorických jednotek se používají intramuskulární jehlové elektrody. Mezi nejčastěji vyšetřované svaly patří diaphragma, interkostální, skalenové, břišní, ale také pomocné dýchací svaly (Žůrková a Shudeiwa, 2012, s. 339).

Ke zhodnocení timingu respiračních svalů lze také využít povrchovou polyelektromyografii, která snímá akční potenciály z více svalů najednou (Švestková et. al., 2017; s. 156; Žůrková a Shudeiwa, 2012, s. 339).

### **1.5 Techniky pro usnadnění expektorace (cough augmentation techniques)**

Bez účinného kašle nevede mobilizace sekretu (mukociliární clearance) k očištění dýchacích cest. Pro účinnou očistu dýchacích cest tedy potřebujeme jak mukociliární clearance, tak i clearance pomocí kašle. Pro podporu expektorace lze využít manuální nebo mechanické techniky (Finder, 2010, s. 32). Před použitím těchto technik je důležité posoudit, která fáze kašle je poškozená a zda v dýchacích cestách stagnuje sekret (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, 2014, s. 19).

Aktivní techniky respirační fyzioterapie využíváme k usnadnění kašle u pacientů, kteří jsou schopni vytvořit PCF větší než 270 l/min (Neumannová et al., 2017, s. 481; Chatwin, 2009, s. 50). Pokud se PCF sníží pod 155 l/min aktivní techniky přestávají být účinné a je nutné do terapie zahrnout neinvazivní MI-E (Chatwin, 2009, s. 50).

#### **1.5.1 Techniky k facilitaci nádechu**

Techniky k facilitaci nádechu se používají při porušené nádechové fázi kašle (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, 2014, s. 19).

##### **1.5.1.1 Cvičení hrudní pružnosti (thoracic expansion exercise – TEE)**

TEE je zahájeno pomalým maximálním inspirem, po kterém následuje krátký pasivní výdech. Tato technika slouží zároveň k mobilizaci hrudního koše (Smolíková, Horáček a Kolář, 2001, s. 523). Jsou doporučeny maximálně 3–4 hluboké nádechy, aby se zabránilo únavě a hyperventilaci (Fink, 2007, s. 1214)

### 1.5.1.2 Glossofaryngeální dýchání (žabí dýchání)

Glossofaryngeální dýchání je nádechová technika pro pacienty se sníženým objemem plic. Cílem této techniky je udržet adekvátní ventilaci, mobilitu hrudníku a zlepšit funkci kašle při slabosti dýchacích cest (Nygren-Bonnier, Schiffer a Lindholm, 2017, s. 85). Jedinec se postupně nadechuje pomocí malých doušků vzduchu tak, aby dosáhl potřebné inspirační kapacity plic a potom pasivně vydechne (Kočová, 2017, s. 78).

### 1.5.1.3 Nádechové trenažéry

Nádechové trenažéry se používají ke zvýšení svalové síly inspiračního svalstva (např. threshold IMT, voldyne, cliniFlo, triflo, powerBreathe) (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, 2014, s. 19).

### 1.5.1.4 Mechanická insuflace (např. Cough Assist)

Mechanická insuflace během nádechu zajišťuje dostatečné roztažení plic, které je potřebné pro efektivní expirační fázi kašle (Neumannová et al., 2017, s. 481).

## 1.5.2 Techniky k facilitaci výdechu

Pokud je porušená výdechová fáze a dochází ke stagnaci sekretu v dýchacích cestách, používají se techniky k facilitaci výdechu a odstranění sekretu (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, 2014, s. 19).

### 1.5.2.1 Autogenní drenáž

Autogenní drenáž je aktivní technika clearance dýchacích cest charakterizovaná kontrolním dýcháním, kdy jedinec ovlivňuje svoji hloubku a rychlost dechu. Pacient se nosem zhluboka nadechne na 1,5–2násobek jeho normálního inspiračního objemu. Potom na 2–4 s zadrží dech při otevřené glottis a aktivně vydechne přes otevřená ústa (jako by chtěl zamlžit zrcátko). Tento způsob dýchání se provádí při různých dechových objemech plic (začíná se v expiračním rezervním objemu a pokračuje se až do inspiračního objemu plic) (Agostini a Knowles, 2007, s. 157–158).

Nejvíce přínosná je autogenní drenáž u pacientů s nadbytkem nebo retencí hlenu, u kterých může dojít k dynamickému kolapsu dýchacích cest (Agostini a Knowles, 2007, s. 162).

### 1.5.2.2 Techniky silového výdechu (FET – forced expiratory techniques)

FET je zahájena kontrolním bráničním dýcháním (3–5 nádechů nosem a výdechů přes pootevřená ústa). Potom následuje normální nádech a aktivně řízený silový výdech přes

otevřená ústa doplněný huffingem. Huffing je krátký co nejusilovnější výdech k odstranění uvolněného sekretu (Fink, 2007, s. 1212–1213; Smolíková, Horáček a Kolář, 2001, s. 523).

#### 1.5.2.3 Výdechové trenažéry bez oscilací

Výdechové trenažéry se používají ke zvýšení svalové síly expiračního svalstva a jako prevence bronchokolapsu (např. theraPEP, threshold PEP, pariPEP S-systém, PEP maska) (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, 2014, s. 20).

#### 1.5.2.4 Výdechové trenažéry s oscilacemi

Výdechové trenažéry slouží k stabilizaci dýchacích cest, k lepšímu odstranění sekretu ze stěn bronchů a jeho transport z periferních částí dýchacích cest do centrálních (PARI-O-PEP, RC-cornet, acapella) (Neumannová, Zatloukal a Koblížek, 2014, s. 19–20; Kočová, 2017, s. 80).

#### 1.5.2.5 Mechanická exsuflace (např. Cough Assist)

Mechanická exsuflace zajišťuje pohyb sekretu z plic do horních cest dýchacích a úst, kde může být odstraněn (Neumannová et al., 2017, s. 481).

#### 1.5.2.6 Manuálně asistovaný kašel (Manually assisted cough – MAC)

MAC zahrnuje skupinu technik, která využívá manuální tlak aplikovaný na pacientův hrudník nebo břišní stěnu. Použití vnější mechanické síly může částečně nahradit vytváření tlaku expiračními svaly, a tím zvýšit PCF (Spinou, 2018, s. 8).

Pro MAC je důležité hluboké inspirium a intaktní funkce bulbárních svalů. Pokud je vitální kapacita nižší než 1,5 l, lze využít při nádechu glossofaryngeální dýchání (Abrosino, Carpena a Gherardi, 2009, s. 448).

Účinnost MAC může být omezena těžkou skoliózou, břišními nebo ortopedickými abnormalitami a přítomností zavedených břišních a pánevních katetrů (Boitano, 2006, s. 920).

#### 1.5.2.7 Vibrace

Vibrace se aplikují během expirační fáze na sternum nebo dolní žeberní oblouky (Neumannová, Zatloukal a Šlachtová, 2014, s. 19). Účinnost, frekvence a délka trvání této metody je velmi závislá na technice terapeuta (Esguerra-Gonzales et al., 2014, s. 60).

#### 1.5.2.8 Vysokofrekvenční hrudní oscilace

Mechanická vysokofrekvenční oscilace se provádí pomocí nafukovací vesty (Pryor, 1999, s. 1420). Jedná se o alternativu manuálně prováděným vibracím. Výhodou této metody je možnost nastavení frekvence a délky trvání vibrací. Vysokofrekvenční oscilace podporují

snížení viskozity a posun sekretu směrem k centrálním dýchacím cestám (Esguerra-Gonzales et al., 2014, s. 60).

Komerčně dostupnými přístroji jsou např. AffloVest (International Biophysics), InCourage (RespirTech), SmartVest (Electromed, Inc.) a VibraVest® (Siare Engineering International Group S.r.l.) (Post-Polio Health International, 2019, s. 26).

#### 1.5.2.9 Funkční elektrická a magnetická stimulace

Funkční elektrická stimulace se používá u pacientů s amyotrofickou laterální sklerózou a spinálních pacientů. U spinálních pacientů tato technika zvyšuje PCF a v některých případech je stejně efektivní jako MAC (Spinou, 2018, s. 8; Boitano, 2006, s. 919). Aplikuje se povrchovými elektrodami na ventrální část břišní stěny. Stimulací břišního svalstva podporuje expirační fázi kašle (Boitano, 2006, s. 919). Mezi nežádoucí účinky funkční elektrické stimulace patří lehké spasmy dolních končetin (Spinou, 2018, s. 8).

Kontrakci expiračních svalů lze také dosáhnout funkční magnetickou stimulací. Elektromagnetické cívky se přikládají na páteř v oblasti Th7 a Th11 (Boitano, 2006, s. 919). Lin et al. uvádí, že u zdravých jedinců při frekvenci 25 Hz a 70–80 % intenzitě byl vrcholový expirační průtok a tlak srovnatelný s maximálním kašlem (Lin et al., 1998 in Boitano, 2006, s. 919).

## 1.6 Mechanická insuflace-exsuflace (MI-E)

Přístroje pro MI-E využívají pozitivní tlak k podpoře maximální insuflace do plic. Následně dojde k rychlému přepnutí na negativní tlak pro hluboký výdech. Náhlé přepnutí z pozitivního na negativní tlak simuluje změny toku, které nastávají během fyziologického kašle (Chatwin et al., 2003, s. 502).

U pacientů s oslabením respiračních svalů a neuromuskulárními onemocněními vytváří MI-E vyšší PCF ve srovnání s ostatními manuálními technikami na podporu kašle (Spinou, 2018, s. 8).

V České republice jsou dostupné přístroje pro MI-E CoughAssist a Simeox (Doležalová et al., 2018, s. 23–25; Neumannová, Zatloukal a Šlachťová, 2013, s. 19). V zahraničí se nejvíce používá CoughAssist a Pegaso (Neumannová, Zatloukal a Šlachťová, 2013, s. 19). Ale na trhu jsou i další MI-E přístroje jako např. CAP 700 (Siare Engineering International Group S.r.l.), VitalCough System (Hill-Rom Company), Comfort Cough (Seoil Pacific Group), Nippy

Clearway (B&D Electromedical) a Pulsar (Siare Engineering International Group S.r.l.) (Post-Polio Health International, 2019, s. 26).

### **1.6.1 Historie a vývoj**

Ve 40. a 50. letech minulého století se začaly pro pacienty s poliomyelitidou vyrábět různé pomůcky a zařízení pro podporu expektorace (Chatwin, 2009, s. 50). První přístroj pro MI-E vyvinul Barach, Beck a Smith (Liszner a Feinberg, 2006, s. 218). Na trh byl uveden v roce 1953 jako Cof-flator (OEM Company, St Louis, USA) (Bento et al., 2010, s. 421; Chatwin, 2009, s. 50). Cof-flator tvořil dvoustupňový axiální ventilátor, který dodával do plic přes anesteziologickou masku hlubokou insuflací následovanou nucenou exsufací. (Bach, 1993, s. 1554). OEM Company zanikla v 60. letech minulého století (Liszner a Feinberg, 2006, s. 218).

CoughAssist byl poprvé uveden na trh roku 1993 firmou JH Emerson v Massachusetts jako metoda na zlepšení clearance dýchacích cest pro pacienty se slabostí dýchacích svalů (Homnick, 2007, s. 1298).

## **1.7 Přístroj CoughAssist**

Přístroj CoughAssist patří mezi neinvazivní mechanickou podporu pro usnadnění expektorace (Homnick, 2007, s. 1297). V ČR se CoughAssist používá pro podporu expektorace od roku 2009.

CoughAssist přispívá ke zvýšení inspiračního objemu plic a zvyšuje PCF. Dále brání stagnaci bronchiální sekrece, snižuje výskyt respiračního selhání, slouží jako prevence intubace nemocného a brání vzniku atelektázy (viz obrázek 1, s. 23) (Neumannová, Nápravník a Hlaváčková, 2013, s. 481). CoughAssist se také používá k usnadnění smrkání a při aspiraci cizího tělesa (Kočová, 2017, s. 85–87). Simuluje celý expektorační cyklus, nebo lze použít jen v inspirační/exspirační fázi kašle (Homnick, 2007, s. 1297–1298).



**Obrázek 1:** Použití přístroje CoughAssist (Hájková a Neumannová, 2014, s. 169)

### 1.7.1 Princip přístroje

Dvoufázový radiální ventilátor přístroje využívá v nádechové fázi kašle pozitivní tlak k dosažení optimálního rozpětí plic a protažení výdechových svalů (které se pak mohou lépe zapojit do silového výdechu během kašle). Následně se ve výdechové fázi kašle vytváří negativní tlak v dýchacích cestách tak, aby došlo k posunu bronchiálního sekretu z periferních do centrálních částí dýchacích cest (Homnick, 2007, s. 1298; Chatwin, 2008, s. 322–323).

Nádechová fáze je delší než fáze výdechová, aby byl simulován přirozený kašel. Bronchiální sekret z centrálních částí může zakašláním odstranit sám pacient, nebo je odstraněn přímo přístrojem (Chatwin, 2008, s. 322–323).

Rychlá změna z pozitivního na negativní tlak stimuluje změnu proudění vzduchu. Vzniká vrcholový průtok, který může dosáhnout 360–660 l/min. PCF zdravého jedince je tedy srovnatelný s hodnotou vrcholového průtoku vytvořeného MI-E (Homnick, 2007, s. 1298).

Na přístroji CoughAssist můžeme tedy nastavit podporu celého dechového cyklu, nebo pouze té fáze kašle, která je nedostatečná.

## 1.7.2 Indikace CoughAssist

Indikace CoughAssist z fyziologického hlediska:

- neschopnost vytvářet PCF větší než 4,2 l/s (250 l/min),
- vitální kapacita plic <50 % teoretické hodnoty (tj. u dospělých vitální kapacita menší než 1500 ml) (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 53).

Indikace CoughAssist z klinického hlediska:

- neuromuskulární onemocnění nebo polyneuropatie,
- onemocnění hrudníku (kombinace restriktivních onemocnění s poruchou bránice),
- diafragmatická dysfunkce s inspirační podporou, nebo bez ní (mechanická ventilace),
- thorakoabdominální/abdominální traumata v pooperačním období,
- prodloužená mechanická ventilace,
- neuromuskulární onemocnění, u nichž bylo prokázáno, že CoughAssist zlepšuje mobilizaci sekretu a snižuje potřebu mechanické ventilace,
- onemocnění hrudníku se sekundárními plicními poruchami,
- vysoká poranění míchy, kde je narušena funkce bránice (kteří mají nejenom inspirační dysfunkci, ale také problémy s výdechem spojený se špatnou souhrou hrudníku a břicha),
- pacienti se sníženou silou dýchacích svalů a zároveň se zvýšenou produkcí sekretu,
- polytraumatizovaní pacienti nebo jedinci v perioperačním období thorakoabdominální chirurgie, kdy chirurgická disekce svalu či nedostatečná analgetika zabraňují efektivní expektoraci (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 53).



### 1.7.3 Kontraindikace

Kontraindikován je u pacientů s náchylností k pneumotoraxu, pneumomediastinu, u pacientů po nedávném barotraumatu, u rozsáhlého bulózního postižení plic, akutního plicního edému, syndromu akutní respirační tísně, při hemoptýze, po plicních operacích (lobektomie, pneumonektomie) a při drenáži mozkových komor (Neumannová et al., 2017, s. 482).

### 1.7.4 Nežádoucí účinky

Výskyt komplikací je velmi vzácný. Nebyly prokázány žádné významné nežádoucí účinky (jako je například pneumotorax nebo barotrauma) (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 55).

Podle kanadského národního průzkumu zaměřeného na kriticky nemocné pacienty jsou nejčastějšími komplikacemi bolest na hrudi a hypotenze (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 55).

U dětí byl hlášen pocitový diskomfort v hrudníku, pláč a rozrušení v reakci při léčbě pomocí MI-E (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 104). Obecně je ale terapie dobře snášena u dětí i dospělých (Camela, Galluci a Ricci, 2018, *in press*; Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 104).

Potenciální komplikace jsou:

- Bolest na hrudníku, především u pacientů připojených dlouhodobě na mechanickou ventilaci nebo u jedinců s výrazně sníženou vitální kapacitou. Této komplikaci lze předejít pomalým a progresivním přidáváním tlaku v insuflaci (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 55).
- Hemoptýza vzniklá sekundárním poškozením sliznice při vyčištění pevně přilnutých sekrecí (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 55).
- Nevolnost, sekundární plyny a nadýmání břicha způsobené aerophagií. To lze zlepšit snížením insuflačních tlaků a tréninkem (otevřená glottis nebo rozšířený krk) (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 55).
- Bradykardie a hypotenze, zvláště u pacientů s akutním poškozením míchy (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 55).
- Předčasný kolaps dolních dýchacích cest. Může nastat u pacientů s významným omezením průtoku vzduchu, což způsobuje, že MI-E je neúčinná. Tento problém může být minimalizován použitím pasivního postupu bez silového výdechu ze strany pacienta (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 55).

- U pacientů s pokročilou bulbární amyotrofickou laterální sklerózou může CoughAssist vyvolat hypofaryngeální kolaps, který způsobí neprůchodnost dýchacích cest. Hypofaryngeálnímu kolapsu jde předejít použitím novějšího typu CoughAssist. Ten umožňuje naprogramování expiračního tlaku nezávisle na inspiračním (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 55). Individuálně přizpůsobené nastavení může těmto pacientům pomoci snížit inspirační proudy a tlaky a prodloužit dobu insuflace, aby se vyrovnal tlak v plicích (Chatwin et. al., 2018. s 104).

Také byly naměřeny zvýšené hodnoty při použití CoughAssist (v průměru) u srdeční frekvence o 17 úderů za minutu, systolického tlaku o 8 mmHg a srdečního výdeje o 2,1 l za minutu. Avšak tyto hodnoty jsou srovnatelné s hodnotami fyziologického kašle (Chatwin, 2008, s. 322).

### **1.7.5 Nastavení přístroje CoughAssist**

Přístroj CoughAssist může být používán v manuálním nebo automatickém módu (Chatwin, 2008, s. 322). Výhoda manuálního režimu oproti automatickému je možnost lepšího přizpůsobení jednotlivých fází dechového cyklu na míru pacienta (Neumannová, Zatloukal a Šlachtová, 2014, s. 20). Při použití v automatickém režimu je nutné správně nastavit dobu nádechu (insufflation time), výdechu (exsufflation time) a pauzy (pause between cycles) podle potřeb pacienta (viz obrázek 2, s. 28). K tomu slouží přepínač pro vygenerování doby nádechu, výdechu a pauzy v manuálním režimu (Whitney, Harden a Keilty, 2002, s. 204).

Insufflation time je čas potřebný k dosažení stanoveného inspiračního tlaku. Exsufflation time je naopak čas potřebný k dosažení předem stanoveného maximálního negativního tlaku. V době pauzy dochází k přechodu mezi pozitivním a negativním tlakem (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 54).

Distribuce jednotlivých časů se nastavuje podle typu onemocnění, tak abychom zajistili požadovanou frekvenci cyklu. U pacientů s restriktivní formou onemocnění je exsufflation time zkrácen. Naopak u jedinců s obstrukční formou onemocnění je exsufflation time prodloužen. U pacientů se spontánním dýcháním musí být také tyto časy nastaveny podle klidové dechové frekvence pacienta, aby se zabránilo jeho frekvenční maladaptaci. Přístroj potom aplikuje frekvenci cyklu stejnou nebo větší, než je klidová dechová frekvence pacienta (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 54).

Mezi další parametry patří pozitivní a negativní tlak (v cm H<sub>2</sub>O) (Chatwin, 2008, s. 322). Maximální hodnoty, které systém může vygenerovat, jsou  $\pm 70$  cm H<sub>2</sub>O (Fernández-Carmona

et al., 2018, s. 56). Pro většinu pacientů jsou obvykle adekvátní tlaky kolem  $\pm 40$  cm H<sub>2</sub>O, ale může být vyžadováno nastavení vyšších hodnot u pacientů s restriktivní poruchou plic nebo se sníženou plicní poddajností. Obecně se nedoporučuje překročit hodnotu  $\pm 55$  cm H<sub>2</sub>O (Liszner a Feinberg, 2006, s. 220).

Pozitivní tlak (insuflace) spouštíme při 15–20 cm H<sub>2</sub>O (1,5–2,0 kPa) a zvyšujeme, abychom získali inspirační objem pro celkovou kapacitu plic. Insuflace by měla trvat ~ 2 s nebo i déle, pokud je potřeba (Chatwin, 2008, s. 322).

Negativní tlak (exsuflace) nastavujeme na začátku stejný jako tlak pro insuflacii, potom ho snížíme o 10–20 cm H<sub>2</sub>O (1,0–2,0 kPa). Podtlak se pak udržuje po dobu 3–6 s, což simuluje proudění vzduchu, které se při kašli vyskytuje přirozeně. Nejlepším ukazatelem účinnosti je zvýšení hodnot saturace O<sub>2</sub> v krvi a zesílení zvuku kašle. Pacient také často udává zlepšení dýchání (Chatwin, 2008, s. 322).

Inhale flow reguluje průtok vzduchu mezi 200 a 600 l/min. Vyšší inspirační průtok nastavujeme u pacientů připojených na umělou plicní ventilaci. Nižší inspirační průtok se nastavuje u jedinců se spontánním dýcháním (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 54).

U novějších zařízeních je funkce cough-track. Ta umožňuje v automatickém režimu indikovat, kdy se pacient samostatně nadechuje a synchronizovat s ním přístrojovou insuflacii (Neumannová et al., 2017, s. 481).

Novější zařízení CoughAssist mají také možnost přidávat vysokofrekvenční oscilace v nádechové nebo výdechové fázi kašle. Sancho et al. zjistili, že vysokofrekvenční oscilace přidané k insuflacii a exsuflacii neměly vliv na hodnotu PCF u stabilních pacientů s amyotrofickou laterální sklerózou (Sancho et al., 2016 in Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 104). Přesto mají vysokofrekvenční oscilace pozitivní vliv na mobilitu sekretu díky lepšímu odlepení hlenu od bronchiální stěny (Neumannová, Zatloukal a Šlachťová, 2014, s. 19).

Pacientské rozhraní (obličejová maska, náustek, držák katetru) je připojeno z přístroje k pacientovi přes širokou trubici. Senzor uvnitř přístroje udává dosažené úrovně tlaku (Whitney, Harden a Keilty, 2002, s. 204).

První použití přístroje vyžaduje montáž obvodu. Obvod se skládá z dýchací trubice, bakteriálního filtru, pacientského rozhraní a spojovacího adaptéru (Liszner a Feinberg, 2006, s. 219).

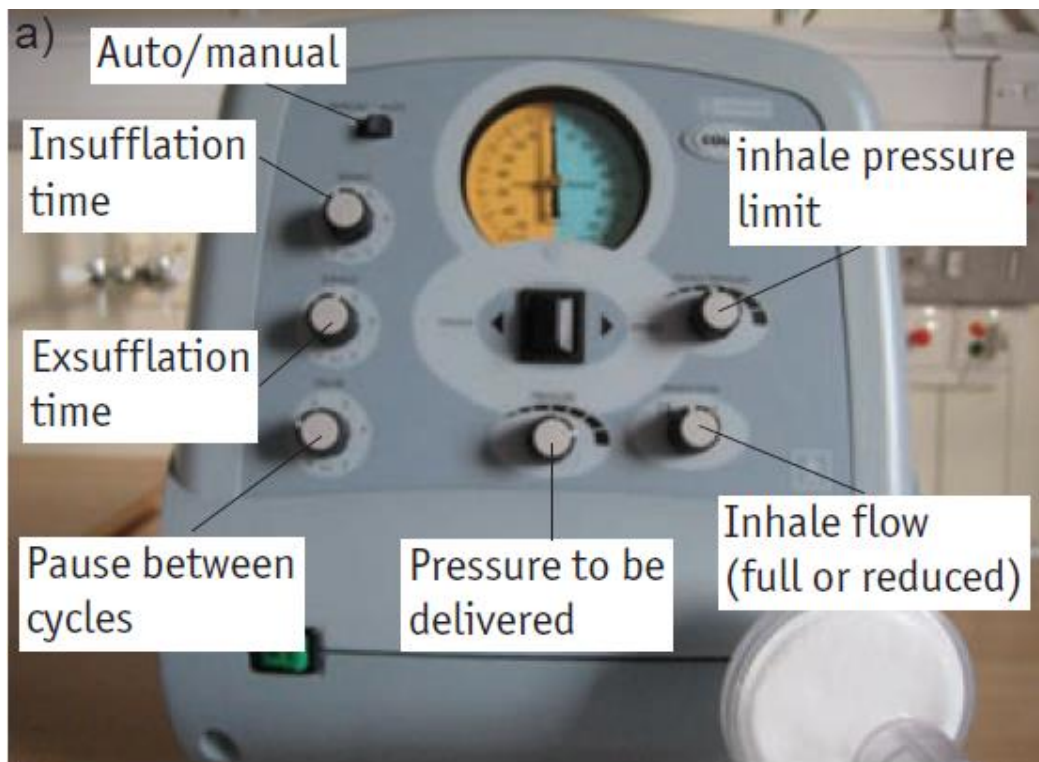
Po 3–5 cyklech insuflace-exsuflace následuje 30 s pauza. Tato sekvence se několikrát zopakuje, dokud není sekret dostatečně vyloučen (Homnick, 2007, s. 1298). Hlen nashromážděný v horních cestách dýchacích a ústech je následně odstraněn sacím katetrem

(Schroth, 2009, s. 246). CoughAssist by měl být aplikován nejméně 3x denně a kdykoliv, když to pacient potřebuje (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 54).

Pro MI-E se doporučuje pacienta posadit do Fowlerovy polohy. U pacientů se SMA je vhodnější Tredelenburgova poloha nebo vleže na zádech, kdy je nejmenší funkční reziduální kapacita plic díky lepšímu zapojení bránice. Vzpřímená poloha je pro pacienta mechanicky nevýhodná (Scroth, 2008, s. 246).

Zpočátku by měla být monitorována saturace kyslíkem, zejména během akutní hrudní infekce (Chatwin, 2008, s. 322). Monitorace umožňuje detekovat náhlé snížení saturace kyslíkem jako důsledek hlenové zátoky (Bento et al., 2010, s. 423).

Pokud je pacient při vědomí a spolupracující, měl by být poučen o průběhu terapie a jejím účelu (Fernández-Carmona et al., 2018, s. 54).



**Obrázek 2:** Příklad přístroje CoughAssist (Chatwin, 2008, s. 322)

## 1.8 CoughAssist u dětí

Anatomie a fyziologie dýchacích cest u dětí je charakterizována malými plicními objemy, úzkými a měkkými dýchacími cestami a zvýšenou dechovou frekvencí u kojenců (Hov et al.,

2018, s. 2; Fitzgerald, Doumit a Abel, 2018, s. 15). Kromě toho je hlášena u dětí s neuromuskulárním onemocněním vysoká plicní poddajnost, která se s věkem postupně snižuje. Při nastavení MI-E u dětí se musí brát všechny tyto faktory v úvahu (Hov et al., 2018, s. 2).

U dětí používajících CoughAssist ke clearance dýchacích cest se doporučuje prodloužit dobu odpočinku mezi jednotlivými cykly k zabránění únavě dýchacích svalů způsobené kašlem. Také je důležité terapii ukončit insuflací, aby v plicích zůstala dostatečná funkční reziduální kapacita (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 103). Doporučený insuflační tlak u dětských pacientů by měl být v rozmezí 15 až 40 cm H<sub>2</sub>O. Exsuflační tlak může být nastaven na -15 cm H<sub>2</sub>O, a postupně snižován až na -40 cm H<sub>2</sub>O dle komfortu pacienta. Doporučený poměr času insuflace a exsuflace je 2:1 (tj. doba exsuflace by měla být přibližně poloviční oproti insuflaci) (Camela, Galluci a Ricci, 2018, *in press*).

Obecně se uvádí, že se CoughAssist může u dětí použít od třetího měsíce věku (Neumannová et al., 2017, s. 482). Avšak může být obtížné provést MI-E u velmi malých kojenců, kteří nejsou schopni minimálně spolupracovat, relaxovat a akceptovat terapii (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 103–104). Problémem může také být použití obličejové masky, kterou některé malé děti špatně akceptují (Fitzgerald, Doumit a Abel, 2018, s. 15).

## 1.9 Dlouhodobé použití CoughAssist v domácí léčbě

Česká pneumologická a ftizeologická společnost a Česká společnost dětské pneumologie v roce 2016 schválila doporučený postup pro indikaci dlouhodobé domácí léčby pomocí MI-E s využitím CoughAssist. Od roku 2017 je možná částečná úhrada (75 %) přístroje a spotřebního materiálu (12 patientských okruhů za rok) zdravotní pojišťovnou po schválení revizním lékařem (Neumannová et al., 2017, s. 481).

Mahede et al. prováděli průzkum mezi pacienty s neuromuskulárním onemocněním využívající MI-E v domácím prostředí. Průzkum ukázal, že 46 % pacientů používalo MI-E denně a 27 % týdně. Třetina pacientů použila MI-E během dušení. 88 % rodičů potvrdilo, že domácí použití MI-E zlepšilo zdraví dítěte. A třetina uvedla jako nevýhody domácího použití velikost a hmotnost přístroje, ale také náročnou obsluhu CoughAssist (Mahede et al., 2015 in Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 104).

Siewers et al. zkoumali domácí použití MI-E u pacientů s amyotrofickou sklerózou. Došli k závěru, že zdravotnický personál musí vzít v úvahu individuální a sociální aspekty provádění MI-E v domácím prostředí. Důležité faktory pro úspěšnou domácí léčbu jsou řádné poučení osob, které budou provádět domácí léčbu, praktická výuka, jak přístroj používat a možnost spojení se se zdravotníky v případě problémů (Siewers et al., 2013 in Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 104).

V posledních letech další studie ukázaly, že pravidelné používání CoughAssist 2–3krát denně významně zlepšuje poddajnost plic a hrudníku a zvyšuje hodnotu usilovné vitální kapacity, zejména u pacientů bez skoliózy (Fitzgerald, Doumit a Abel, 2018, s. 15). U pacientů s neuromuskulárním onemocněním bylo prokázáno, že při pravidelném používání CoughAssist se zvyšuje vitální kapacita plic a dochází k uvolnění hrudních kontraktur (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 104).

V České republice od roku 2017 indikaci tohoto přístroje pro dlouhodobou domácí léčbu provádí lékař na základě mezioborového konsenzu – pneumolog, neurolog a fyzioterapeut ve schválených centrech (viz tabulka 1, s. 31) (Neumannová et al., 2017, s. 481). Dle ústního sdělení doc. Mgr. Kateřiny Neumannové Ph.D. nyní stačí pouze indikující lékař.

**Tabulka 1:** Indikující centra (schválená centra pro indikaci Českou pneumologickou a ftizeologickou společností a Českou společností dětské pneumologie) (Neumannová et al., 2017, s. 482)

Centra pro dětské pacienty	Centra pro dospělé pacienty
Dětská klinika 2. LF UK a FN Motol, Praha	Pneumologická klinika 2. LF UK a FN Motol, Praha
Dětská klinika LF UK a FN Hradec Králové	Neurologická klinika 1. LF UK a VFN v Praze
Dětská klinika LF UK FN Plzeň	Pneumologická klinika 1. LF UK a Thomayerova nemocnice, Praha
Dětská klinika UJEP a Krajská zdravotní a. s., Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o. z.	Plicní klinika LF UK a FN Hradec Králové
Dětské oddělení, Nemocnice České Budějovice a.s.	Klinika pneumologie a ftizeologie LF UK a FN Plzeň
Dětská klinika LF UP a FN Olomouc	Léčebna tuberkulózy a respiračních onemocnění, Nemocnice České Budějovice a.s.
Klinika dětské anesteziologie a resuscitace LF MU a FN Brno	Klinika plicních nemocí a tuberkulózy LF UP a FN Olomouc
Klinika dětské neurologie LF MU a FN Brno	Klinika nemocí plicních a tuberkulózy LF MU a FN Brno
Dětské lékařství, Městská nemocnice Ostrava	Plicní oddělení, MephaCentrum, a.s., Ostrava

## 1.10 Použití CoughAssist v intenzivní péči

Kriticky nemocní pacienti (dospělí i děti) připojení na mechanickou ventilaci mohou mít potíže s expektorací a clearance dýchacích cest. To může snížit šance na úspěšnou extubaci a schopnost dýchat bez přístroje (Rose et al., 2017, s. 2).

Mezi důvody neschopnosti efektivně kašlat patří slabost dýchacího svalstva, neuromuskulární onemocnění, poranění míchy, restriktivní poruchy, ale také kumulativní účinky sedace nebo nedostatečná spolupráce pacienta způsobená deliriem a kognitivními poruchami. Navíc účinný kašel vyžaduje uzavření glottis, kterému je zabráněno přítomností endotracheální trubice během intubace nebo slabostí glottického svalstva (Rose et al., 2017, s. 6).

Běžná konvenční léčba zahleněných pacientů na umělé plicní ventilaci je odsávání pomocí katetru (Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 104). Avšak rutinní odsávání dýchací cest přes endotracheální kanylu mine levý primární bronchus asi v 90 % času terapie (to

vysvětluje vysokou frekvenci pneumonie u těchto pacientů). CoughAssist připojený k umělé plicní ventilaci poskytuje stejnou exsufiaci v obou primárních bronších, a tím dokáže odstranit sekret z obou plic (Abrosiano, Carpena, a Gherardi, 2009, s. 448). Garstang et al. zjistili, že CoughAssist připojený přes tracheostomickou kanylu byl významně méně dráždivý, bolestivý a únavný než endotracheálních odsávání u spinálních pacientů (Garstang et al., 2000 in Chatwin, Toussaint a Goncalves, 2018, s. 104).

Terapii CoughAssist je možné v nemocnici aplikovat každé 2 h v závislosti na závažnosti onemocnění, změnách RTG snímků a potřebách pacienta. Doporučuje se provést 4-5 cyklů a potom ústní odsání sekretu. Také pokud je saturace kyslíkem menší než 94 %, měla by být zahájena léčba CoughAssist (Schroth, 2009, s. 248).

### **1.11 Kombinovaná terapie**

Kombinace MI-E s manuálními technikami respirační fyzioterapie může zlepšit léčbu hlenové obstrukce dýchacích cest u pacientů s neuromuskulárním onemocněním. Bronchoskopie by měla být zvažována pouze v případech přetrvávající atelektázy, kdy všechny neinvazivní techniky pro zlepšení clearance dýchacích cest byly neúspěšné (Abrosiano, Carpena a Gherardi, 2009, s. 449).

MAC může být aplikován u pacientů s expirační svalovou slabostí, kteří mají snížený intraabdominální a intrathorakální tlak (Spinou, 2018, s. 8). Zvyšuje hodnotu PCF, přičemž největšího zlepšení bylo dosaženo, pokud byl před provedením manévru zvýšen inspirační objem plic (Fitzgerald, Doumit a Abel, 2018, s. 15). Ve studiích, které porovnávaly samostatné a společné použití CoughAssist a MAC, byla hodnota PCF vyšší při kombinaci insuflační terapie a asistovaného kašle než při samostatném použití jedné z technik (Boitano, 2006, s. 919; Spinou, 2018, s. 8). Na druhou stranu jiné studie ukazují, že při kombinaci obou technik se PCF významně nezvyšuje u pacientů s PCF vyšším než 300 l/min (Spinou, 2018, s. 8).

MAC je nejvíce přínosný u jedinců s velmi nízkými hodnotami usilovné vitální kapacity a osob bez skoliózy (Fitzgerald, Doumit a Abel, 2018, s. 15). Kontraindikací MAC je přítomnost kaválního filtru v dolní duté žíle a aneurysma abdominální aorty (Brown et al., 2006, s. 864).



## Závěr

Neefektivní kašel je častým problémem pacientů s neuromuskulárními a plicními onemocněními, ale také jedinců na jednotkách intenzivní péče. Cílem respirační fyzioterapie u těchto pacientů je mobilizace a odstranění sekretu, zlepšení plicních funkcí a zvýšení komfortu pacienta.

Chatwin (2009, s.50–52) uvádí algoritmus pro výběr techniky podle neasistovaného PCF pacienta. „Pokud je PCF menší než 270 l/min je vhodné využít techniky asistovaného kašle. Manuálně asistovaný kašel je nejvíce účinný, pokud je PCF mezi 270–245 l/min. Když je PCF mezi 245–155 l/min je vhodné přidat k manuálně asistovanému kašli techniky na zvýšení inspirační kapacity plic. U jedinců s PCF nižším než 160 l/min. je doporučována mechanická insuflace-exsuflace (CoughAssist)“. Jiní autoři ale uvádí odlišné hranice PCF, proto nelze přesně stanovit, kdy jakou techniku použít. Při výběru vhodné terapie je třeba brát v úvahu věk pacienta a jeho schopnost porozumět a provádět danou techniku. Fink (2007, s. 1219) např. uvádí, že „břišní dýchání a huffing lze dítě naučit už ve 2–4 letech a autogenní drenáž kolem 8. roku“. Většina manuálních drenážních technik vyžaduje spolupráci a kooperaci pacienta. CoughAssist lze použít u dětí již od 3. měsíce věku a může se využít i u nespolupracujících pacientů. U dětí je ale třeba zohlednit odlišnou anatomii a fyziologii dýchacích cest od dospělého člověka. Je vhodné prodloužit dobu relaxace mezi jednotlivými cykly, nastavit delší dobu exsuflace a snížit tlaky insuflace a exsuflace.

Výhodou běžných technik (jako je např. autogenní drenáž, technika silového výdechu, manuálně asistovaný kašel,...) je jejich jednoduchost a nenáročnost na provedení. Určitým omezením použití CoughAssist jsou jeho vysoké pořizovací náklady. V České republice hraří pojišťovna po schválení revizním lékařem 75 % z pořizovací ceny přístroje a 75 % nákladů na spotřebního materiál za rok, což může významně zlepšit dostupnost přístroje více pacientům. U silových expiračních technik je riziko dynamického kolapsu dýchacích cest, proto jsou u některých plicních onemocnění (jako je např. chronická obstrukční plicní nemoc, cystická fibróza, astma bronchiale,...) tyto techniky kontraindikovány. Pro tyto pacienty může být účinná autogenní drenáž. Novější zařízení CoughAssist lze využít v manuálním režimu, kdy lze nastavit snížení expiračního tlaku. Nevýhodou manuálních technik může být také variabilita v provádění techniky různými terapeuti, což se může projevit na účinnosti terapie. CoughAssist lze přizpůsobit dle individuálních potřeb a konkrétního onemocnění pacienta simulací celého, nebo části expektoračního cyklu, nastavením insuflačních a exsuflačních tlaků, inspiračního

průtoku a jednotlivých časů. Pacientská rozhraní (obličejová maska, náustek, držák katetru) nabízí využití CoughAssist u pacientů spontánně dýchajících, připojených na umělou plicní ventilaci, s tracheostomií nebo intubovaných.

Vibrace a vysokofrekvenční oscilace nejsou náhradou za kašel, ale mohou pomoci odlepit hlen od stěny bronchů. Jsou tedy vhodným doplňkem k manuálním i mechanickým technikám (Amrosiano, 2009, s. 448).

Využití CoughAssist v domácí péči je velmi přínosné především u pacientů s neuromuskulárním onemocněním. Tito pacienti mohou totiž velmi profitovat z pravidelného používání (2–3 x denně). V mnoha studiích bylo prokázáno, že pravidelné použití CoughAssist zvyšuje plicní funkce, zlepšuje poddajnost plic a hrudníku, pomáhá uvolňovat hrudní kontraktury a snižuje počet hospitalizací.

V intenzivní péči se běžně hlen odsává pomocí katetru. Nevýhodou této metody je, že v 90 % času odsávání mine levý bronchus. CoughAssist je lépe tolerován a dokáže vytvořit stejnou insufiaci a exsufiaci v obou primárních bronších. Také snižuje dobu intubace.

Zejména u pacientů, kteří nedokáží během expektorace vytvořit adekvátní intrathorakální a intraabdominální tlak, může navíc zvýšit účinnost terapie použitím CoughAssist společně s manuálně asistovaným kašlem.

## Referenční seznam

AGOSTINI, P., KNOWLES, N. 2007. Autogenic drainage: the technique, physiological basis and evidence. *Physiotherapy* [online]. 93 (2), 157-163, [cit. 2019-04-06]. ISSN 0031-9406. Dostupné z: doi 10.1016/j.physio.2006.07.005.

AMBROSINO, N., CARPENE, N., GHERARDI, M. 2009. Chronic respiratory care for neuromuscular diseases in adults. *European Respiratory Journal* [online]. 34 (2), 444-451, [cit. 2019-03-18]. ISSN 0903-1936. Dostupné z: doi 10.1183/09031936.00182208.

BACH, J. R. 1993. Mechanical insufflation-exsufflation: comparison of peak expiratory flows with manually assisted and unassisted coughing techniques. *Chest* [online]. 104 (5), 1553-1562, [cit. 2019-04-05]. ISSN 0012-3692. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/14976111\\_Mechanical\\_insufflation-exsufflation\\_Comparison\\_of\\_peak\\_expiratory\\_flows\\_with\\_manually\\_assisted\\_and\\_unassisted\\_coughing\\_techniques](https://www.researchgate.net/publication/14976111_Mechanical_insufflation-exsufflation_Comparison_of_peak_expiratory_flows_with_manually_assisted_and_unassisted_coughing_techniques).

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 Bronconeumología ((English Edition))* [online]. 46 (8), 420-425, [cit. 2019-03-06]. ISSN 1579-2129. Dostupné z: doi 10.1016/S1579-2129(10)70100-2.

BOITANO, L. J. 2006. Management of airway clearance in neuromuscular disease. *Respiratory Medicine* [online]. 51 (8), 913-924, [cit. 2018-05-14]. ISSN 1943-3654. Dostupné z: <http://rc.rcjournal.com/content/51/8/913.short>.

BRAUN, A. T., CABALLERO-ERASO, C., LECHTZIN, N. 2018. Amyotrophic Lateral Sclerosis and the Respiratory System. *Clinics in Chest Medicine* [online]. 39 (2), 391-400, [cit. 2019-04-01]. ISSN 0272-5231. Dostupné z: 10.1016/j.ccm.2018.01.003.

BROWN, R., DIMARCO, A. F., HOIT, J. D., GARSHICK, E. 2006. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. *Respiratory care* [online], 51 (8), 853-870, [cit. 2019-03-23]. ISSN 1943-3654. Dostupné z: <http://rc.rcjournal.com/content/51/8/853>.

BURIANOVÁ, K., ZDAŘILOVÁ, E., MAYER, M., OŠŤÁDAL, O. 2006. Poruchy dýchání u neurologicky nemocných. *Neurologie pro praxi* [online]. 7 (1), 50-52. [cit. 2019-03-23]. ISSN 1335-9592. Dostupné z: [https://www.neurologiepropraxi.cz/artkey/neu-200601-0016\\_Poruchy\\_dychani\\_u\\_neurologicky\\_nemocnych.php](https://www.neurologiepropraxi.cz/artkey/neu-200601-0016_Poruchy_dychani_u_neurologicky_nemocnych.php).

CAMELA, F., GALLUCCI, M., RICCI, G. 2018. Cough and airway clearance in Duchenne muscular dystrophy. *Paediatric Respiratory Reviews* [online]. *In press*, [cit. 2019-03-23]. ISSN 1526-0542. Dostupné z: doi 10.1016/j.prrv.2018.11.001.

CANNING, B. J., CHANG, A. B., BOLSER, D. C. et al. 2014. Anatomy and Neurophysiology of Cough. *Chest* [online]. 146 (6), 1633-1648, [cit. 2018-10-24]. ISSN 0012-3692. Dostupné z: doi 10.1378/chest.14-1481.

CRIÉE, C. P., SORICHTER, S., SMITH H. J. et al. 2011. Body plethysmography – Its principles and clinical use. *Respiratory Medicine* [online]. 105 (7), 959-971, [cit. 2019-03-16]. ISSN 0954-6111. Dostupné z: doi 10.1016/j.rmed.2011.02.006.

DOLEŽALOVÁ, J., JAKUBEC, P., KOLEK, V. A KUFKA, J. 2018. Simeox feasibility and safety evaluation in patients with bronchiectasis. *Simeox Clinical Notebook* [online]. 2, 23-30, [cit. 2018-10-24]. Dostupné z: <https://www.mr-diagnostic.cz/download/ostatni-materialy/cases-reports.pdf>.

ESGUERRA-GONZALES, A., ILAGAN-HONORIO, M., KEHOE, P. et al. 2014. Effect of high-frequency chest wall oscillation versus chest physiotherapy on lung function after lung transplant. *Applied Nursing Research* [online]. 27 (1), 59-66, [cit. 2019-04-06]. ISSN 0897-1897. Dostupné z: doi 10.1016/j.apnr.2013.11.005.

Post-Polio Health International. 2019. Ventilator equipment and aids. *Resource directory for ventilator-assisted living 2019* [online]. 26-28, [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://www.ventusers.org/net/VentDIR.pdf>.

FERNÁNDEZ-CARMONA, A., OLIVENCIA-PEÑA, L., YUSTE-OSSORIO, M. E., PEÑAS-MALDONADO, L. 2018. Ineffective cough and mechanical mucociliary clearance techniques. *Medicina Intensiva (English Edition)* [online]. 42 (1), 50-59, [cit. 2018-11-05]. ISSN 2173-5727. Dostupné z: doi 10.1016/j.medine.2017.12.005.

FINDER, J. D. 2010. Airway clearance modalities in neuromuscular disease. *Paediatric Respiratory Reviews* [online]. 11 (1), 31-34, [cit. 2018-11-27]. ISSN 1526-0542. Dostupné z: doi 10.1016/j.prrv.2009.10.007.

FITZGERALD, D. A., DOUMIT, M., ABEL, F., 2018. Changing respiratory expectations with the new disease trajectory of nusinersen treated spinal muscular atrophy [SMA] type 1. *Paediatric Respiratory Reviews* [online]. 28, 11-17, [cit. 2019-03-27]. ISSN 1526-0542. Dostupné z: doi 10.1016/j.prrv.2018.07.002.

FINK, J., B. 2007. Forced expiratory technique, directed cough, and autogenic drainage. *Respiratory care* [online]. 52 (9), 1210-1223, [cit. 2019-03-15]. ISSN 1943-3654. Dostupné z: <http://rc.rcjournal.com/content/52/9/1210>.

GRACE, M. S., DUBUIS, E., BIRRELL, M. A., BELVISI, M. A. 2013. Pre-clinical studies in cough research: Role of Transient Receptor Potential (TRP) channels. *Pulmonary Pharmacology & Therapeutics* [online]. 26 (5), 498-507, [cit. 2018-11-06]. ISSN 1094-5539. Dostupné z: doi 10.1016/j.pupt.2013.02.007.

HÁJKOVÁ, A., NEUMANNOVÁ, K. 2014. Využití mechanické insuflace-exsuflace u pacientů s nervosvalovým onemocněním. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 21 (4), 167-172, [cit. 2019-04-01]. ISSN 1211-2658.

HOMNICK, D. N. 2007. Mechanical Insufflation-Exsufflation for Airway Mucus Clearance. *Respiratory Care* [online]. 52 (10), 1296-1307, [cit. 2018-11-11]. ISSN 1943-3654. Dostupné z: <http://rc.rcjournal.com/content/52/10/1296/tab-pdf>.

HOV, B., ANDERSEN, T., HOVLAND, V., TOUSSAINT, M. 2018. The clinical use of mechanical insufflation-exsufflation in children with neuromuscular disorders in Europe. *Paediatric Respiratory Reviews* [online]. 27, 69-73, [cit. 2019-03-22]. ISSN 1526-0542. Dostupné z: doi 10.1016/j.prrv.2017.08.003.

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* [online]. 21 (3), 502-508, [cit. 2019-03-15]. ISSN 0903-1936. Dostupné z: doi 10.1183/09031936.03.00048102.

CHATWIN, M. 2008. How to use a mechanical insufflator-exsufflator „cough assist machine“. *Breathe* [online]. 4 (4), 321-325, [cit. 2018-11-06]. ISSN 2073-4735 Dostupné z: <http://breathe.ersjournals.com/content/4/4/320>.

CHATWIN, M. 2009. Mechanical aids for secretion clearance. *Int J Respir Care*[online]. 5 (2), 50-53, [cit. 2018-11-06]. ISSN 1747-1273. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/en/document/view/29303350/mechanical-aids-for-secretion-clearance-by-chatwin-international-journal-of-respiratory-care-autumnwinter-2009>.

CHATWIN, M., TOUSSAINT, M., GONÇALVES, M. R., et al., 2018. Airway clearance techniques in neuromuscular disorders: A state of the art review. *Respiratory Medicine* [online]. 136, 98-110, [cit. 2019-03-06]. ISSN 0954-6111. Dostupné z: doi 10.1016/j.rmed.2018.01.012.

CHAUNDRI, M. B., LIU, C., WATSON, L., JEFFERSON, D., KINNEAR, W. J. 2000. Sniff nasal inspiratory pressure as a marker of respiratory function in motor neuron disease. *Eur Respir J* [online]. 15 (3), 539–542, [cit. 2018-05-11]. ISSN 1399-3003. Dostupné z: <https://erj.ersjournals.com/content/erj/15/3/539.full.pdf>.

CHIANG, J., AMIN R., 2017. Respiratory Care Considerations for Children with Medical Complexity. *Children* [online]. 4 (5), 1-19, [cit. 2019-03-22]. ISSN 2227-9067. Dostupné z: doi 10.3390/children4050041.

CHLUMSKÝ, J. 2016. Doporučení Sekce patofyziologie dýchání pro frekvenci provádění základních vyšetření plicních funkcí [online]. 63-67, [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <http://www.pneumologie.cz/guidelines/>.

CHLUMSKÝ, J., FIŠEROVÁ, J., KOCIÁNOVÁ, J., ZINDR, V., KOBLÍŽEK, V. 2016. Doporučený postup pro interpretaci základních vyšetření plicních funkcí [online]. 1-13, [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <http://www.pneumologie.cz/guidelines/>.

KARIYAWASAM, D., CAREY, K. A., JONES, K. J., FARRAR, M. A. 2018. New and developing therapies in spinal muscular atrophy. *Paediatric Respiratory Reviews* [online]. 28, 3-10, [cit. 2019-03-27]. ISSN 15260542. Dostupné z: doi 10.1016/j.prrv.2018.03.003.

KOČOVÁ, H. 2017. *Spinální svalová atrofie v souvislostech*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5705-6.

KOLEK, V., KAŠÁK, V., VAŠÁKOVÁ, M. 2014. *Pneumologie*. 2., rozš. vyd. Praha: Maxdorf, Jessenius. ISBN 978-80-7345-387-9.

LAGHI, F., MADDIPATI, V., SCHNELL, T., LANGBEIN, W. E., TOBIN, M. J. 2017. Determinants of cough effectiveness in patients with respiratory muscle weakness. *Respiratory Physiology & Neurobiology* [online]. 240, 17-25, [cit. 2018-10-28]. ISSN 1569-9048. Dostupné z: doi 10.1016/j.resp.2017.02.005.

LANDFELDT, E., EDSTRÖM, J., SEJERSEN, T., TULINIUS, M., LOCHMÜLLER, H., KIRSCHNER, J. 2019. Quality of life of patients with spinal muscular atrophy: a systematic review. *European Journal of Paediatric Neurology* [online]. *In press*, [cit. 2019-03-27]. ISSN 1090-3798. Dostupné z: doi 10.1016/j.ejpn.2019.03.004.

LISZNER, K., FEINBERG, M. 2006. Cough Assist Strategy for Pulmonary Toileting in Ventilator-Dependent Spinal Cord Injured Patients. *Rehabilitation Nursing* [online]. 31 (5), 218-221, [cit. 2019-04-05]. ISSN 0278-4807. Dostupné z: doi 10.1002/j.2048-7940.2006.tb00138.x.

MAZZONE, S. B. 2004. Sensory regulation of the cough reflex. *Pulmonary Pharmacology & Therapeutics* [online]. 17 (6), 361-368, [cit. 2018-11-06]. ISSN 1094-5539. Dostupné z: doi 10.1016/j.pupt.2004.09.021.

MCCOOL, F. D. 2006. Global Physiology and Pathophysiology of Cough. *Chest* [online]. 129 (1), 48-53, [cit. 2018-05-09]. ISSN 0012-3692. Dostupné z: doi 10.1378/chest.129.1\_suppl.48S.

MORICE, A. H. 2013. Chronic cough hypersensitivity syndrome. *Cough* [online]. 9 (14), 1-4, [cit. 2018-11-06]. ISSN 1745-9974. Dostupné z: doi 10.1186/1745-9974-9-14.

NICHOLS, N. L., VAN DYKE, J., NASHOLD, L., SATRIOTOMO, I., SUZUKI, M., MITCHELL, G. S. 2013. Ventilatory control in ALS. *Respiratory Physiology*

& *Neurobiology* [online]. 189 (2), 429-437, [cit. 2019-04-02]. ISSN 15699048. Dostupné z: [10.1016/j.resp.2013.05.016](https://doi.org/10.1016/j.resp.2013.05.016).

NEUMANNOVÁ K., NÁPRAVNÍK J., HLAVAČKOVÁ P. 2013. Nefarmakologické postupy léčby poruch expektorace včetně využití mechanické insuflace a exsuflace – CoughAssist: informační brožura pro lékaře a fyzioterapeuty [online]. 1-14, [cit. 2018-05-11] Dostupné z: <http://www.dumrodin.cz/res/data/042/004453.pdf>.

NEUMANNOVÁ, K., DOUŠOVÁ. T., SEDLÁK, V., ZATLOUKAL, J., KOS, S. 2017. The Czech Pneumological and Physiological Society and the Czech Society for Paediatric Pulmonology Guidelines for Long-term Home Treatment Using the CoughAssist Machine in Patients with Serious Cough Disorders. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. 80/113 (4), 480-484 [cit. 2018-05-11]. ISSN 1210-7859. Dostupné z: doi [10.14735/amcsnn2017480](https://doi.org/10.14735/amcsnn2017480).

NEUMANNOVÁ, K., ZATLOUKAL, J., KOBLÍŽEK, V. 2014. Doporučený postup plicní rehabilitace. 1-44, [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <http://www.unify-cr.cz/obrazky-soubory/doporuateny-postup-plicn-rehabilitace-a0eee.pdf?redir>.

NEUMANNOVÁ, K., ZATLOUKAL, J., ŠLACHTOVÁ, M. 2013. Usnadnění expektorace pomocí airway clearance techniques u nemocných s výrazným oslabením dýchacích svalů. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 20 (1), 17-21, [cit. 2019-04-01]. ISSN 1211-2658.

NYGREN-BONNIER, M., SCHIFFER, T. A., LINDHOLM, P. 2017. Acute effects of glossopharyngeal insufflation in people with cervical spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine* [online]. 41 (1), 85-90, [cit. 2019-04-06]. ISSN 1079-0268. Dostupné z: doi [10.1080/10790268.2016.1275446](https://doi.org/10.1080/10790268.2016.1275446).

PRYOR, J. A. 1999. Physiotherapy for airway clearance in adults. *European Respiratory Journal* 1999 [online]. 14 (6), 1418-1424, [cit. 2019-04-08]. ISSN 1399-3003 Dostupné z: <https://erj.ersjournals.com/content/14/6/1418.long>.

ROKYTA, R. 2015. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4867-2.



ROSE, L., ADHIKARI, N. K. J., LEASA, D., FERGUSON, D. A., MCKIM, D. 2017. Cough augmentation techniques for extubation or weaning critically ill patients from mechanical ventilation. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. 11 (1), 1-33, [cit. 2019-04-04]. ISSN 1465-1858. Dostupné z: doi 10.1002/14651858.CD011833.pub2.

SCHILERO, G. J., SPUNGEN, A. M., BAUMAN, W. A., RADULOVIC, M., LESSER, M. 2009. Pulmonary function and spinal cord injury. *Respiratory Physiology & Neurobiology* [online]. 166 (3), 129-141, [cit. 2019-03-26]. ISSN 1569-9048. Dostupné z: doi 10.1016/j.resp.2009.04.002.

SCHROTH, M. K. 2009. Special Considerations in the Respiratory Management of Spinal Muscular Atrophy: FIGURE 1. *Pediatrics* [online]. 123(Supplement 4), 245-249, [cit. 2019-04-06]. ISSN 0031-4005. Dostupné z: doi 10.1542/peds.2008-2952K.

SINGH, G., BEHRMAN, A. L., ASLAN, S. C., TRIMBLE, S., OVECHKIN, A. V. 2018. Respiratory functional and motor control deficits in children with spinal cord injury. *Respiratory Physiology & Neurobiology* [online]. 247, 174-180, [cit. 2019-03-26]. ISSN 1569-9048. Dostupné z: doi 10.1016/j.resp.2017.10.006.

SMOLÍKOVÁ, L., HORÁČEK, O., KOLÁŘ, P. 2001. Plicní rehabilitace a respirační fyzioterapie. *Postgraduální medicína*. 3 (6), 522-532, [cit. 2019-03-26]. ISSN 1212-4184.

SPINO, A. 2018. Non-pharmacological techniques for the extremes of the cough spectrum. *Respiratory Physiology & Neurobiology* [online]. 257, 5-11, [cit. 2019-03-25]. ISSN 1569-9048. Dostupné z: doi 10.1016/j.resp.2018.03.006.

ŠVESTKOVÁ, O., ANGEROVÁ, Y., DRUGA, R., Jan PFEIFFER, J., VOTAVA, J. 2017. *Rehabilitace motoriky člověka: fyziologie a léčebné postupy*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0084-2.

NIEDERMEYER, S., MURN, M., CHOI, P. J. 2019. Respiratory Failure in Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Chest* [online]. 155 (2), 401-408, [cit. 2019-04-01]. ISSN 0012-3692. Dostupné z: 10.1016/j.chest.2018.06.035.

VÉLE, F. 1997. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada. ISBN 80-7169-256-5.

WHITNEY, J., HARDEN, B., KEILTY, S. 2002. Assisted Cough. *Physiotherapy* [online]. 88 (4), 201-207, [cit. 2018-10-26]. ISSN 0031-9406. Dostupné z: doi 10.1016/S0031-9406(05)60411-7.

WINTER, B., PATTANI, H., TEMPLE, E. 2017. Spinal cord injury. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine* [online]. 18 (8), 404-409, [cit. 2019-03-26]. ISSN 1472-0299. Dostupné z: doi 10.1016/j.mpaic.2017.05.010.

ŽŮRKOVÁ, P., SHUDEIWA, A., 2012. Vyšetření funkce plic a respiračních svalů u pacientů s neuromuskulárním onemocněním: Examination of lung and function and respiratory muscles in patients with neuromuscular disease. *Neurologia pre prax*[online]. Bratislava: SOLEN, 13 (6), 344-348, [cit. 2019-03-25]. ISSN 1335-9592. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2012/06/12.pdf>.

## Seznam zkratek

ALS	amyotrofická laterální skleróza
EMG	elektromyografie
FET	forced expiratory techniques; techniky silového výdechu
MAC	manually assisted cough; manuálně asistovaný kašel
MI-E	mechanická insuflace-exsuflace
PCF	peak cough flow; vrcholový průtok vzduchu při kašli
PEmax	maximální expirační ústní tlak
PGA	gastric pressure during cough maneuvering; žaludeční tlak při kašli
PImax	maximální inspirační ústní tlak
RV	reziduální objem
SMA	spinal muscular atrophy; spinální svalová atrofie
SNIP	sniff nasal inspiratory pressure; inspirační tlak měřený v dutině nosní
TEE	thoracic expansion exercise; cvičení hrudní pružnosti
TPC	totální kapacita plic

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Použití přístroje CoughAssist (Hájková a Neumannová, 2014, s. 169).....	23
<b>Obrázek 2:</b> Přístroj CoughAssist (Chatwin, 2008, s. 322).....	28

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Indikující centra (schválená centra pro indikaci Českou pneumologickou a ftizeologickou společností a Českou společností dětské pneumologie) (Neumannová et al., 2017, s. 482) .....	31
--	----