



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



RECOMMANDATIONS

Recommandations pour la prise en charge de l'encombrement des voies aériennes par les techniques de désencombrement

Guidelines for the management of airway mucus secretions by airway clearance techniques

**G. Reychler^{a,b,*}, N. Audag^{a,b,c}, G. Prieur^d,
W. Poncin^{a,b,c}, O. Contal^e, pour le Groupe
« Kinésithérapie Respiratoire » de la Société de
pneumologie en langue française**

^a Institut de recherche expérimentale et clinique (IREC), pôle de pneumologie, ORL et dermatologie, université catholique de Louvain, Brussels, Belgique

^b Service de pneumologie, cliniques universitaires Saint-Luc, avenue Hippocrate 10, 1200 Brussels, Belgique

^c Secteur de kinésithérapie et ergothérapie, cliniques universitaires Saint-Luc, Brussels, Belgique

^d Physiotherapy Department, Le Havre Hospital, 76600 Le Havre, France

^e School of Health Sciences (HESAV), HES-SO University of Applied Sciences and Arts of Western Switzerland, 1005 Lausanne, Suisse

Reçu le 23 mai 2024 ; accepté le 23 mai 2024

Liste des experts

Marc Beaumont, Tristan Bonnevie, Yann Combret, Jean-Bernard Michotte, Kris Ides (Belgian Respiratory Society – BeRS), Jeanne Maisonobe, Estelle Wozniak, Michel Toussaint, Jésus Gonzalez-Bermejo, Clément Médrinal, Francis-Edouard Gravier.

Abréviations

ACBT	active cycle of breathing technique
AFE	augmentation du flux expiratoire
AP	activité physique
BCSS	Breathlessness, Cough, and Sputum Scale
CAT	COPD Assessment Test
CPT	capacité pulmonaire totale
CRF	capacité résiduelle fonctionnelle
CV	capacité vitale
CVF	capacité vitale forcée
DA	drainage autogène

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : Gregory.reychler@saintluc.uclouvain.be
(G. Reychler).

<https://doi.org/10.1016/j.rmr.2024.06.001>

0761-8425/© 2024 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés, y compris ceux relatifs à la fouille de textes et de données, à l'entraînement de l'intelligence artificielle et aux technologies similaires.

Pour citer cet article : G. Reychler, N. Audag, G. Prieur et al., Recommandations pour la prise en charge de l'encombrement des voies aériennes par les techniques de désencombrement, Revue des Maladies Respiratoires, <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2024.06.001>

DAA	drainage autogène assisté
DEMM	débit expiratoire maximal médian
DEP	débit expiratoire de pointe
DEPtoux	débit expiratoire de pointe à la toux
DP	drainage postural
DP&P	drainage postural avec percussions
DP&V	drainage postural avec vibrations
DP&PV	drainage postural avec percussions et vibrations
DRR	désobstruction rhinopharyngée rétrograde
EDIC	exercices à débits inspiratoires contrôlés
ELPr	expiration lente prolongée
ELTGOL	expiration lente totale à glotte ouverte en décubitus latéral
EMI	entraînement des muscles inspiratoires
FET	<i>forced expiratory technique</i>
FC	fréquence cardiaque
FR	fréquence respiratoire
HCWC	<i>high-frequency chest wall compression</i>
HCFWO	<i>high-frequency chest wall oscillation</i>
IPPB	<i>intermittent positive pressure breathing</i> ou relaxateur de pression
VPI	ventilation à percussions intrapulmonaires
MI-E	in-exsufflation mécanique
mMRC	modified Medical Research Council
MNM	maladies neuromusculaires
PEM	pression expiratoire maximale
PEP	pression expiratoire positive
PEP-O	pression expiratoire positive oscillante
PIM	pression inspiratoire maximale
RIM	manœuvre d'inspiration résistée
SLA	sclérose latérale amyotrophique
SNOT-20	Sino-Nasal Outcome Test
TDENI	techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales
T-PEP	pression expiratoire positive temporaire
TINI	techniques inspiratoires non instrumentales
VAS	voies aériennes supérieures
VEMS	volume expiratoire maximale en une seconde
VNI	ventilation non invasive
VR	volume résiduel

Préambule

Peu de recommandations fortes ont malheureusement pu être retirées de la littérature publiée avant janvier 2024. On peut néanmoins retenir que :

- il est recommandé de pratiquer les techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales (TDENI) régulièrement et au long cours chez les patients hyper-sécrétants et atteints de bronchiectasies non liées à la mucoviscidose afin d'augmenter l'élimination des sécrétions (G1A) et de diminuer la sévérité de la toux (G1B). Il est recommandé de tenir compte de la préférence du patient pour favoriser l'adhérence thérapeutique des TDENI (G1A) ;
- il est recommandé d'utiliser les techniques de pression expiratoire positive oscillante (PEP-O) en comparaison aux soins standards pour augmenter la quantité des sécrétions expectorées chez les patients atteints de bronchiectasies en état stable (G1B) ;

- il est recommandé de pratiquer l'assistance expiratoire manuelle (G1B), de combiner l'assistance inspiratoire et expiratoire manuelle (G1A), d'utiliser une assistance inspiratoire afin d'augmenter le débit expiratoire de pointe à la toux (DEPtoux) chez les patients atteints de maladies neuromusculaires (G1B). Si une assistance expiratoire manuelle n'est pas suffisamment efficace, il est recommandé d'utiliser l'assistance inspiratoire et expiratoire mécanique chez des patients atteints de maladies neuromusculaires avec une déficience de la toux (G1B) ;
- il est recommandé d'utiliser les techniques de PEP-O en comparaison aux soins standards dans le but d'augmenter la quantité de sécrétions expectorées chez les patients atteints de BPCO stable (G1B) ;
- il est recommandé de ne pas utiliser la technique de *high-frequency chest wall oscillation/compression* (HFCWO/C) pour augmenter le poids des sécrétions expectorées chez les patients atteints de mucoviscidose adultes et enfants en exacerbation (G1B).

Introduction

À la lecture de ces recommandations, on remarque tant le chemin parcouru par la profession depuis la première ébauche datant de plus de 20 ans, que les manquements qu'il reste à combler pour pouvoir émettre plus d'avis tranchés. Le choix de l'équipe de pilotage a été de classer les techniques de désencombrement (en incluant les voies aériennes supérieures) sur base d'un algorithme reposant sur le mécanisme physiologique sous-tendant ces dernières (Fig. 1). Toutes ces techniques peuvent être visualisées sous forme de vidéos disponibles en libre accès (liens hypertexte¹).

Ces recommandations dont les principales sont présentées dans le [Tableau 1](#), se basent sur une recherche de la littérature jusque janvier 2024 suivant les recommandations propres aux revues systématiques en excluant les patients atteints de la COVID-19, les patients intubés ou des situations peu investiguées dans ce cadre (paralysie cérébrale, prématurité). Les niveaux de preuve des études évaluant l'efficacité des techniques de désencombrement ont été déterminés en se basant sur les recommandations de la HAS². Ensuite, les essais randomisés qui comparaient deux techniques sans groupe contrôle, sans calcul de taille d'échantillon ou sans enregistrement au préalable dans un

¹ <https://youtu.be/0C9ub02V1Ls>. <https://youtu.be/8K0EiC3C7gg>. <https://youtu.be/qBbeGGpiA8>. <https://youtu.be/ZLWzfk2tZmo>. <https://youtu.be/Ex2p5RBXuU0>. <https://youtu.be/9L2le0VwP6A>. <https://youtu.be/Dj3uR-q-8U8>. https://youtu.be/tT_H0xo74ww. <https://youtu.be/UuBhMwFhz8o>. <https://youtu.be/6mElW7rBHLy>. <https://youtu.be/3Ql-Oz5lCRY>. <https://youtu.be/aBeKaVxb138>. <https://youtu.be/4J4nvmP6ZsE>. <https://youtu.be/8JlQfkt-ETc>. <https://youtu.be/zNRxOID8nR4>. https://youtu.be/5_W4S4JedTI. <https://youtu.be/C0hSMWaElXY>. <https://youtu.be/9nw0WhbpfjU>. <https://youtu.be/5mYzHUZO9Us>. <https://youtu.be/eHHi9d5JUR0>. <https://youtu.be/QNQjxxvDBql>. <https://youtu.be/3o47-Nuw6Uw>. <https://youtu.be/iYk8jUw7TqU>. https://youtu.be/jj2r_JJZaVg.

² https://www.has-sante.fr/jcms/c_434715/fr/guide-d-analyse-de-la-litterature-et-gradation-des-recommandations.

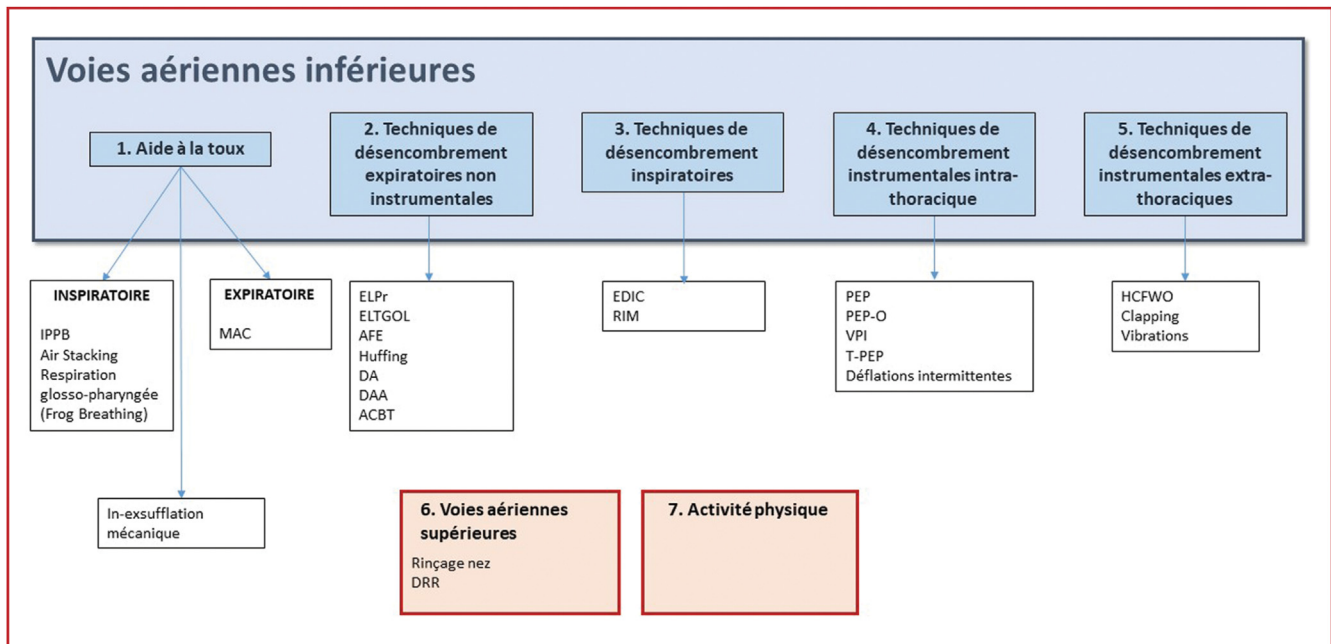


Figure 1. Algorithme des techniques de désencombrement. IPPB : *intermittent positive pressure breathing* ; MAC : *manually assisted cough* ; ELPr : *expiration lente prolongée* ; ELTGOL : *expiration lente, totale, glotte ouverte en décubitus latéral* ; AFE : *augmentation du flux expiratoire* ; DA : *drainage autogène* ; DAA : *drainage autogène assisté* ; ACBT : *active cycle of breathing techniques* ; EDIC : *exercice à débit inspiratoire contrôlé* ; RIM : *resistive inspiratory maneuver* ; PEP : *positive expiratory pressure* ; PEP-O : *positive expiratory pressure – Oscillante* ; VPI : *ventilation à percussions intrapulmonaires* ; T-PEP : *pression positive expiratoire transitoire* ; HCFWO : *high frequency chest wall oscillation* ; DRR : *drainage rhinopharyngé rétrograde*.

Tableau 1 Recommandations fortes (G1) liées aux techniques de désencombrement ainsi que leur grade.

Recommandation	Force
Il est recommandé de pratiquer les techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales régulièrement et au long cours chez les patients hypersécrétants et atteints de bronchiectasies non liées à la mucoviscidose afin d’augmenter l’élimination des sécrétions et de diminuer la sévérité de la toux (*). Il est recommandé de tenir compte de la préférence du patient pour favoriser l’adhérence thérapeutique des techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales	A (*B)
Il est recommandé d’utiliser les techniques de pression expiratoire positive oscillante en comparaison aux soins standards pour augmenter la quantité des sécrétions expectorées chez les patients atteints de bronchiectasies en état stable	B
Il est recommandé de pratiquer l’assistance expiratoire manuelle, de combiner l’assistance inspiratoire et expiratoire manuelle (*), d’utiliser une assistance inspiratoire afin d’augmenter le DEPtoux chez les patients atteints de maladies neuromusculaires. Si une assistance expiratoire manuelle n’est pas suffisamment efficace, il est recommandé d’utiliser l’assistance inspiratoire et expiratoire mécanique chez des patients atteints de maladies neuromusculaires avec une déficience de la toux	B (*A)
Il est recommandé d’utiliser les techniques de pression expiratoire positive oscillante en comparaison aux soins standards dans le but d’augmenter la quantité de sécrétions expectorées chez les patients atteints de BPCO stable	B
Il est recommandé de ne pas utiliser la technique de high-frequency chest wall oscillation/compression pour augmenter le poids des sécrétions expectorées chez les patients atteints de mucoviscidose adultes et enfants en exacerbation	B

registre ad hoc ont été rétrogradées. Par voie de conséquence, le niveau de preuves a diminué pour bon nombre d’entre eux. La gradation a ensuite déterminé la force de la recommandation (G1 [« il est recommandé de/de ne pas... »] ou G2 [« il est proposé/il n’est pas recommandé »],

A à D en fonction de la confiance du groupe de travail dans le bénéfice puis le niveau de preuve [« Il est très improbable... , probable... , très probable que de futurs travaux changent notre degré de conviction », « L’estimation de l’effet est très incertaine »]).

Les techniques de désencombrement

Rationnel

L'objectif des techniques de désencombrement est d'obtenir une interaction gaz-liquide (air-mucus) optimale à l'expiration afin de mobiliser des sécrétions bronchiques de la périphérie pulmonaire vers la bouche. En modulant les volumes pulmonaires et les débits aériens, le kinésithérapeute cherche à générer une vitesse linéaire de l'air suffisamment importante pour produire un effet de cisaillement efficace sur le mucus encombrant la lumière bronchique. L'efficacité relative de cette action sera modulée entre autres par la géométrie des bronches [1] et la composition du mucus qui dispose lui-même d'un effet seuil en dessous duquel il ne sera pas mobilisé [1,2]. Cet effet seuil signifie que l'élasticité et la viscosité du mucus ne doivent être ni trop élevées ni trop faible pour qu'il puisse être mobilisé. Il s'en suit une modulation de la pression motrice (différence entre la pression alvéolaire et la pression atmosphérique) par augmentation de la pression intrapleurale produite par l'action des muscles expirateurs aidés ou non des mains du kinésithérapeute.

À l'expiration, la pression intrabronchique diminue progressivement de l'alvéole vers la bouche. Si la pression intrapleurale, à l'extérieur de la bronche, est suffisamment importante, il existe un point dans l'arbre bronchique où celle-ci égalise la pression intrabronchique, nommé le point d'égale pression. Il est à noter que ce point est virtuel car il se déplace en permanence au fil de l'expiration vers la périphérie pulmonaire. En aval de celui-ci (c'est-à-dire vers la bouche), la pression intrabronchique devient inférieure à la pression pleurale et une compression se produit, la compression dynamique des voies aériennes. Ce principe physiologique est exploité par les techniques de désencombrement [3]. Cette compression augmente la résistance et limite le débit maximal expiré mais génère localement et transitoirement une augmentation de la vitesse de l'air et de son degré de turbulence. L'intérêt est donc de déplacer le point d'égale pression à proximité des sécrétions afin d'augmenter la force induite par l'air sur le mucus, elle-même proportionnelle au rapport de la vitesse sur le diamètre de la bronche [4]. Néanmoins, plus le débit est grand, plus la vitesse linéaire est grande. On serait donc tenté d'augmenter un maximum la pression alvéolaire en augmentant l'effort expiratoire du patient et/ou les pressions manuelles mais cela majeure de manière concomitante la pression intrapleurale. La compression dynamique s'étend dès lors vers l'alvéole, diminuant le débit maximal atteignable. Dans des situations où l'on observe une diminution du recul élastique pulmonaire (immaturité pulmonaire, emphysème, etc.), il peut y avoir un réel collapsus bronchique et donc une absence de débit et de vitesse [5]. En plus d'exclure le transfert d'énergie cinétique, les efforts générés par le patient ne sont pas récompensés.

La difficulté des techniques de désencombrement bronchique est de générer localement un débit capable de mobiliser les sécrétions lors de l'expiration sans entraîner une fermeture des voies aériennes qui est déjà présente suite à l'atteinte respiratoire et qui s'accroît lors de l'expiration forcée. Cette difficulté augmente lorsque les propriétés rhéologiques du mucus sont altérées [6,7]. En

effet, le comportement du mucus est lié à ces propriétés dont son élasticité et sa viscosité qui lorsqu'elles sont trop élevées ralentissent la clairance mucociliaire. L'énergie cinétique minimale requise pour mobiliser le mucus augmente alors, mais renvoie à la problématique des débits maximaux atteignables décrite ci-dessus.

Techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales (TDENI)

Définitions et principes

Il s'agit de techniques pour lesquelles la phase expiratoire est prépondérante dans l'action du désencombrement et qui ne nécessitent pas l'usage d'un instrument quelconque. Leur efficacité dépend néanmoins de la qualité des phases inspiratoires. Les inspirations lentes et suivies d'une pause télé-inspiratoires optimisent l'arrivée d'air derrière les sécrétions en favorisant la ventilation collatérale [8], limitent l'asynchronisme ventilatoire [9] et réduisent la migration du mucus vers la périphérie pulmonaire [6]. Une inspiration profonde maximise le principe d'interdépendance, c'est-à-dire la force de traction exercée par l'expansion alvéolaire sur le tissu pulmonaire environnant, stimulant ainsi la ré-expansion des unités ventilatoires collapsées [10].

L'augmentation du flux expiratoire (AFE)

Elle consiste en une augmentation active, activo-passive ou passive du flux expiratoire, initiée à plus ou moins haut volume pulmonaire, dans le but de mobiliser et d'évacuer les sécrétions trachéobronchiques. Lorsque l'expiration est activo-passive ou passive, le kinésithérapeute exerce une pression manuelle sur le thorax dont la vitesse, la force et la durée peuvent varier [11]. La « Forced Expiration Technique » (FET), aussi appelée « Huffing », est la forme anglo-saxonne de l'AFE active. La FET est décrite comme une accélération contrôlée de l'air expiré, réalisée glotte ouverte en partant de différents niveaux de volumes pulmonaires et se prolongeant jusqu'au volume résiduel (VR) [11,12].

L'« active cycle of breathing technique » (ACBT)

C'est la répétition d'un cycle de trois phases : une phase de contrôle respiratoire où la respiration est relaxée, à volume courant, une phase d'exercices d'expansion thoracique où les inspirations sont profondes et suivies d'une pause télé-inspiratoire glotte ouverte, et une phase comprenant une ou plusieurs FET, composante principale de cette technique [13]. Aucune pression n'est exercée.

Le drainage autogène (DA)

Il se compose des expirations « soupirées », glotte ouverte, réalisées à niveaux croissants de volumes pulmonaires, dans le but de faire migrer les sécrétions de la périphérie pulmonaire (travail à bas volume pulmonaire) vers les voies aériennes proximales (haut volume pulmonaire). Afin de limiter les efforts inefficaces, la toux est retenue pendant

le processus de migration du mucus [14]. Le DA peut être assisté (DAA) lorsque la collaboration active du patient n'est pas possible, comme chez le nourrisson. Dans ce cas, les mains du kinésithérapeute accompagnent et maintiennent la cage thoracique de l'enfant à différents niveaux de volumes pulmonaires sans augmenter la pression motrice [15].

L'expiration lente prolongée (ELPr)

Elle s'adresse aux petits enfants. Le kinésithérapeute exerce une pression manuelle lente, simultanément sur le thorax et l'abdomen. La manœuvre débute à la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) et mobilise le volume de réserve expiratoire pour chercher à obtenir la meilleure déflation. L'ELPr est souvent associée à la toux provoquée. En raison de la fréquence respiratoire élevée du nourrisson, la pression thoraco-abdominale est partitionnée sur deux ou trois temps expiratoires consécutifs pour éviter le collapsus bronchique [16].

L'expiration lente totale glotte ouverte en décubitus latéral (ELTGOL)

La technique cherche à optimiser localement la compliance pulmonaire en utilisant les effets de la pesanteur sur le tissu pulmonaire. Le sujet est positionné sur le côté, la zone pulmonaire à désencombrer étant placée en dessous (sur le plan d'appui, poumon infra-latéral) car la déflation et la ventilation y sont maximisées. Le kinésithérapeute réalise une pression bimanuelle thoraco-abdominale, lentement, initiée à la CRF, glotte ouverte et poursuivie jusqu'au VR. La technique peut être réalisée à partir de 10–12 ans, le volume pulmonaire du plus jeune enfant étant redistribué préférentiellement dans le poumon supra-latéral [17,18].

Questions

Les techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales (TDENI) sont-elles indiquées chez les patients atteints de BPCO en état stable ?

Argumentaire

L'efficacité de l'ELTGOL sur la clairance mucociliaire a été étudiée via la scintigraphie pulmonaire chez 12 patients BPCO sécrétant avec une obstruction pulmonaire légère à modérée. Comparativement au décubitus latéral simple, l'ELTGOL accélère la clairance mucociliaire du poumon infra-latéral et plus particulièrement dans les zones périphériques. L'ELTGOL est en revanche sans effet au niveau du poumon supra-latéral, conformément aux attentes physiologiques (niveau 2) [19].

L'effet de l'ACBT sur la quantité et la viscosité des sécrétions expectorées a été étudiée chez 50 patients BPCO. La comparaison avec les soins courants montre une meilleure élimination des sécrétions et un bénéfice sur l'obstruction bronchique (VEMS/CVF) et sur la saturation en oxygène (niveau 2) [20].

Les autres articles traitant des TDENI chez le patient atteint d'une BPCO stable sont de faible qualité méthodologique (niveau 4) [21–26]. Lorsqu'une analyse comparative intragroupe (pre-/post-TDENI) est disponible, les études

démontrent un effet bénéfique des TDENI sur la fonction pulmonaire (FEV1 et FVC) [22,24–26], la dyspnée d'effort et la capacité à l'exercice [22,23], sans effets indésirables. Aucun bénéfice sur la viscosité des sécrétions n'est observé [20]. Il n'est ni possible de déterminer l'avantage d'une des TDENI par rapport à une autre tant les résultats sont discordants [21,22,24–26], ni d'identifier des sous-groupes de patients répondeurs pour une utilisation régulière des TDENI.

Recommandations

Il est proposé d'utiliser les TDENI chez les patients atteints de BPCO en état stable pour améliorer l'élimination des sécrétions et la fonction pulmonaire (G2B).

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur l'utilisation des TDENI chez les patients atteints de BPCO en état stable en vue d'améliorer la dyspnée, la capacité à l'exercice, et la viscosité des sécrétions.

Les techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales (TDENI) sont-elles indiquées chez les patients atteints de BPCO en exacerbation ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée comparant l'ELTGOL à un traitement médical standard n'a montré aucun bénéfice sur la quantité de sécrétions expectorées (critère de jugement principal) ni sur la durée d'hospitalisation chez 59 patients atteints de BPCO en exacerbation mais bien sur la dyspnée (critère de jugement secondaire), en fin d'hospitalisation (niveau 4) [27]. Dans une étude comparant les expirations lentes prolongées en décubitus latéral (ELTGOL), la PEP-O et le DP&P, aucune différence significative n'a été observée sur la quantité de sécrétions expectorées immédiatement après la séance, la SpO₂, ni sur la fonction pulmonaire chez des patients BPCO hypersécrétants (> 30 mL/j). La quantité de sécrétions est cependant plus importante après 1 h avec les deux premières techniques (niveau 4) [28].

Un essai randomisé contrôlé a étudié l'effet de l'ACBT en comparaison à un traitement médical standard sur la dyspnée (échelle visuelle analogique) mais sans analyse statistique intergroupe et de faible qualité méthodologique (niveau 4) [29].

Recommandations

Il n'est pas recommandé d'utiliser les TDENI chez les patients atteints de BPCO en exacerbation sévère pour améliorer la fonction pulmonaire ni réduire la durée de séjour à l'hôpital (G2C).

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur l'utilisation des TDENI chez le patient atteint de BPCO avec bronchite chronique en exacerbation par manque d'étude de qualité suffisante.

Les techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales (TDENI) sont-elles indiquées chez les patients atteints de mucoviscidose en état stable ?

Argumentaire

Les essais randomisés s'accordent tous pour démontrer une augmentation à court terme de la quantité de sécré-

tions expectorées avec les TDENI (niveau 2 [30], niveau 4 [31–36]). Comparativement à l'ACBT associée au drainage postural (DP), le DA accélère plus la clairance mucociliaire dans les zones pulmonaires centrales (niveau 4) [35]. Cependant, le DA est sans effet sur la qualité viscoélastique des sécrétions (niveau 4) [37]. Sur une session, le DA permet d'éliminer 14 g de sécrétions par expectoration mais il est 36 % moins efficace (20/22 patients) que l'assistance inspiratoire et expiratoire mécanique (niveau 4) [38].

Les TDENI sont sans effet sur le VEMS ou la CVF (niveau 1 [39], niveau 2 [40], niveau 4 [34,37,38,41,42]). Les TDENI soulagent en revanche la mécanique respiratoire en améliorant les résistances et la conductance des voies aériennes (niveau 2) [30]. Plusieurs études soulignent l'innocuité des TDENI en termes de désaturation ou de dyspnée (niveau 1 [31,39,41], niveau 4 [31,38,41]). Une étude a montré une amélioration clinique sur les symptômes et la qualité de vie chez un petit groupe de sujets alternant la FET et la toux pendant 8 périodes de 2 séances (niveau 4) [36].

Trois essais ont été menés à long terme (au moins une année) dont deux ont comparé le DA à d'autres techniques. Une étude en croisée n'a pas pu être terminée parce que les patients ne voulaient pas être dans le groupe contrôle après avoir été inclus dans le groupe DA (niveau 4) [43]. Une autre étude n'a pas montré de différence lorsque les 5 TDENI étaient comparées entre elles (niveau 2) [44]. Enfin, une étude comparant l'application de la FET seule ou associée au DP avec percussions (DP&P) sur une période de 3 ans démontre que la FET seule est associée à un déclin plus important du VEMS et du débit expiratoire maximal médian (DEMM). Aucune autre différence n'a été observée (niveau 4) [45].

Recommandations

Il est proposé d'appliquer les TDENI aux patients atteints de mucoviscidose en état stable afin de favoriser l'élimination des sécrétions à court terme (G2B).

Il n'est pas recommandé d'utiliser les TDENI afin d'améliorer les paramètres de fonction respiratoire chez les patients atteints de mucoviscidose en état stable à court terme (G2A) ou à long terme (G2C).

Il est recommandé de tenir compte de la préférence du patient pour favoriser l'adhérence thérapeutique des TDENI (G1A).

Les techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales (TDENI) sont-elles indiquées chez les patients atteints de mucoviscidose en exacerbation ?

Argumentaire

Trois études ont évalué l'efficacité d'une ou de deux sessions d'ACBT réalisées sur une journée. Les résultats sur la fonction respiratoire sont hétérogènes avec absence d'effet observés dans 2 des 3 études (niveau 4) [46–48]. En période d'exacerbation chez des patients avec une atteinte respiratoire sévère et hypersécrétants (> 20 g/j), l'association de l'ACBT à une ventilation non invasive soulage les muscles respiratoires, réduit l'intensité de la dyspnée post-

traitement et le temps de traitement à un niveau de $SpO_2 < 90\%$ comparativement à l'ACBT seule (niveau 4) [46]. En cas d'atteinte modérée, l'ACBT ne génère pas de désaturation et est plus efficace que l'HFCWO/C pour augmenter la quantité de mucus expectoré (niveau 4) [47].

Dans une étude randomisée et croisée, une amélioration du VEMS et de la CVF avec le DA comparativement à la VPI réglée à 200 coups par minute a été notée. L'inverse était néanmoins constaté lorsque la VPI était réglée à 400 coups par minute (niveau 4) [49].

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur l'utilisation des TDENI chez les patients atteints de mucoviscidose en exacerbation.

Les techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales (TDENI) sont-elles indiquées chez les patients atteints de bronchiectasies non liées à la mucoviscidose, en état stable ?

Argumentaire

Les TDENI augmentent la quantité des sécrétions expectorées chez les patients avec une toux chronique productive (niveau 1) [50–53]. Deux études évaluant le DA et/ou l'ELTGOL ont montré une diminution de la sévérité de la toux à court et long terme (niveau 1) [51,52]. L'ACBT a été évaluée dans une étude et est aussi efficace que la PEP durant la séance, mais moins efficace dans l'heure qui suit (niveau 1) [53].

L'ACBT seule s'est révélée moins efficace pour augmenter la quantité de sécrétions (critère de jugement principal) comparé à l'ACBT associée au DP, réalisée en position assise chez des patients avec une toux chronique productive (niveau 2) [54]. Le DA a par contre amélioré l'inhomogénéité de la ventilation estimée via l'indice de clairance pulmonaire et ce en lien avec la quantité de sécrétions expectorées (niveau 4) [55].

Les répercussions immédiates sur les épreuves fonctionnelles respiratoires sont hétérogènes mais les études de meilleure qualité indiquent une absence de bénéfice (niveau 1 [50–53], niveaux 2 et 4 [55,56]).

Une étude randomisée menée sur 1 an chez des patients qui expectoraient plus de 10 mL/j a comparé l'effet de l'ELTGOL non supervisée à un groupe ne pratiquant que des étirements des muscles thoraco-brachiaux. Les critères de jugement secondaires comme la qualité de vie, la capacité à l'exercice et la fréquence des exacerbations étaient améliorés en comparaison au groupe contrôle (niveau 1) [52].

La supériorité d'une TDENI sur une autre n'a pas été établie (niveau 1 [51,54,57], niveau 2 [54,57]).

Recommandations

Il est recommandé de pratiquer les TDENI régulièrement et au long cours chez les patients hypersécrétants et atteints de bronchiectasies non liées à la mucoviscidose afin d'augmenter l'élimination des sécrétions (G1A) et de diminuer la sévérité de la toux (G1B).

Il est recommandé de tenir compte de la préférence du patient pour favoriser l'adhérence thérapeutique des TDENI (G1A).

Les techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales (TDENI) sont-elles indiquées dans la bronchiolite aiguë du nourrisson ?

Argumentaire

La plupart des essais ont été menés chez des nourrissons hospitalisés. Les résultats sont discordants mais semblent en partie être liés à la technique choisie. Une étude ne montre pas d'effet bénéfique de l'AFE chez des nourrissons hospitalisés comparativement au groupe contrôle. Le critère de jugement principal était le temps de récupération. Les auteurs observent plus d'effets indésirables (vomissement, déstabilisation respiratoire) chez les enfants du groupe AFE (niveau 1) [58]. Une autre étude ne montre pas non plus de bénéfice de cette technique sur la SpO₂, la fréquence cardiaque et la fréquence respiratoire (niveau 4) [59].

Lorsque les AFE lentes, l'ELPr ou le DA sont utilisées, des bénéfices sont constatés dans toutes les études sauf une (niveau 4) [60]. En effet, ces techniques réduisent la sévérité clinique de la maladie à 1 h (niveau 1 [61–63], niveau 4 [64]) et améliorent le temps de récupération ou la durée d'hospitalisation (niveau 1 [63], niveau 4 [64]), bien qu'elles soient sans effet sur la SpO₂ (niveau 1 [61–63], niveau 4 [64]). Ces techniques ne s'accompagnent pas d'effets indésirables (niveau 1 [61,63], niveau 4 [60,64]).

Une seule étude a évalué l'effet des AFE lentes chez des nourrissons intubés-ventilés dans un contexte de bronchiolite sévère. Une session d'AFE lentes permet d'améliorer la saturation et le volume courant jusqu'à 1 heure après l'arrêt de la session (niveau 4) [65].

En dehors du secteur hospitalier, une étude a mesuré les effets des AFE réalisées sur 2 jours consécutifs chez des nourrissons atteints d'une bronchiolite modérée. Les AFE soulagent les nourrissons en réduisant la sévérité clinique de la maladie juste après la séance et le taux d'effets indésirables (vomissement, pétéchies, hématomes et épistaxis) est faible (niveau 4) [66]. Une autre étude sur une séance unique a montré une amélioration clinique immédiate sans effet indésirable ni sur la saturation en oxygène (niveau 2) [67].

Dans un autre essai, une séance d'AFE sur l'enfant se présentant aux urgences a diminué d' $\frac{1}{3}$ les décisions d'hospitalisation initialement posées par l'urgentiste, en réduisant le score de Wang (niveau 4) [68].

Recommandations

Il n'est pas recommandé de recourir à l'AFE chez les nourrissons hospitalisés pour une bronchiolite aiguë du nourrisson dans le but d'améliorer son état clinique (G2B).

Il est proposé d'utiliser les TDENI autres que l'AFE rapide pour améliorer à court terme l'état clinique de l'enfant (G2B).

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur l'utilisation des TDENI dans la bronchiolite aiguë du nourrisson en dehors du secteur hospitalier.

Les techniques de désencombrement expiratoires non instrumentales (TDENI) sont-elles indiquées chez l'enfant atteint d'une pneumonie ?

Argumentaire

Une étude a évalué l'impact du DAA en comparaison aux soins standards chez des nourrissons (<2 ans) hospitalisés pour une pneumonie sans différence sur la durée d'hospitalisation, la fréquence respiratoire, la durée d'oxygénothérapie, l'état fébrile ni la SpO₂ (niveau 2) [69].

Une autre équipe a montré qu'une session d'AFE chez des enfants et adolescents atteints d'une pneumonie communautaire augmente la SpO₂ et les fréquences cardiaque et respiratoire jusqu'à 20 minutes après la session (niveau 4) [70].

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur l'utilisation des TDENI chez les patients atteints de pneumonie.

Techniques d'aide à la toux

Définition des techniques et principes

La toux est un mécanisme de défense contre l'inhalation de corps étrangers qui se décompose en 3 phases successives : volume pré-tussif suffisant, fermeture de la glotte avec contraction des muscles expiratoires, et ouverture soudaine de la glotte tout en continuant la contraction.

Une altération du débit expiratoire de pointe à la toux (DEPtoux) et donc de la toux est associée à une surmortalité chez les patients atteints de maladies neuromusculaires (MNM) [71]. Toutes les techniques d'aide à la toux visent à optimiser le DEPtoux [72,73] et seront utilisées en fonction de celui du patient (Fig. 2). Selon les recommandations de l'ENMC et des sociétés respiratoires françaises, britanniques et américaines (BTS et ATS), l'efficacité de la toux est évaluée à travers le DEPtoux ou le débit expiratoire de pointe (DEP), souvent utilisés de manière interchangeable. La littérature actuelle définit la toux comme efficace pour des valeurs de DEPT ou DEP supérieures à 270–300 L/min et un seuil de DEPT de 160 ou 180 L/min est généralement mentionné pour le recours à l'aide mécanique à la toux [72,74–76].

L'assistance expiratoire

L'assistance expiratoire manuelle repose sur l'augmentation de la pression intra-abdominale et intrathoracique pendant la phase expiratoire d'une toux, par compression manuelle et rapide de l'abdomen et/ou du thorax [73,77]. Cette technique nécessite la coopération du patient et une bonne coordination soignant-patient. La compression suit le mouvement expiratoire [78]. L'assistance expiratoire mécanique génère mécaniquement une exsufflation.

L'assistance inspiratoire

L'assistance inspiratoire se réalise par la respiration glosopharyngées ou l'air *stacking*, ou par une assistance

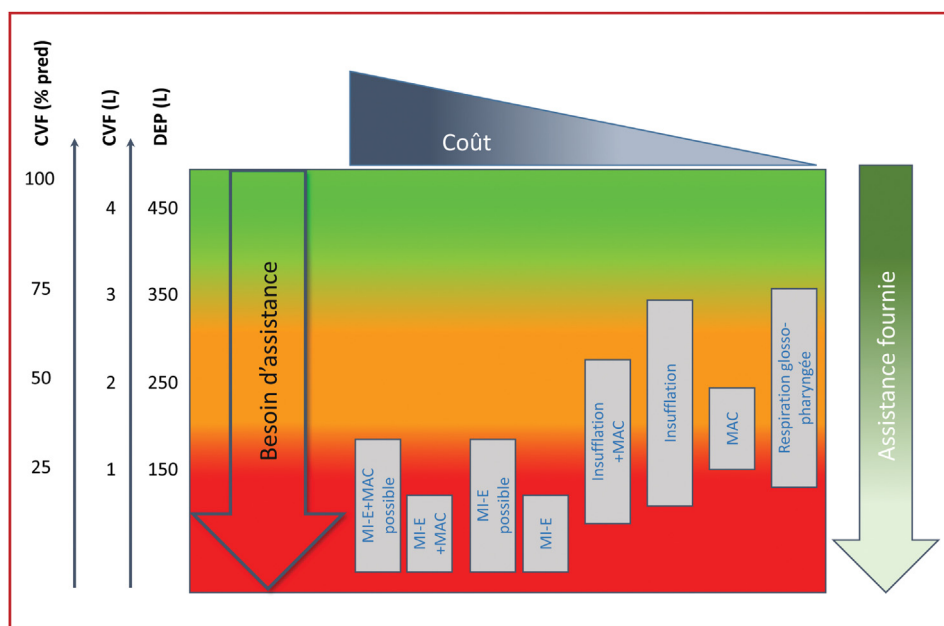


Figure 2. Proposition du choix des techniques d'aide à la toux en fonction des paramètres de fonction respiratoire des patients (adapté de [77]). CVF : capacité vitale forcée ; DEPtoux : débit expiratoire de pointe à la toux ; MI-E : in-exsufflation mécanique ; MAC : aide à la toux manuelle.

mécanique. Le principe général consiste à additionner plusieurs volumes inspiratoires successifs sans expiration intermédiaire (« inspiration, inspiration... ») afin d'augmenter le volume pré-tussif, que ce soit avec ou sans assistance mécanique. L'air est soit inspiré spontanément par le patient, soit généré par une tierce personne grâce à un ballon de réanimation, soit insufflé par une machine. La coopération du patient et une bonne fonction glottique sont nécessaires pour garder l'air inspiré dans le poumon avant l'inspiration suivante.

Association de l'assistance inspiratoire et expiratoire

L'association pourra être une combinaison d'assistances manuelles ou mécaniques [73,79–81]. L'in-exsufflation combine une assistance inspiratoire et une assistance expiratoire mécanique visant à générer une pression positive produisant un volume pré-tussif, puis une dépression entraînant l'exsufflation. Différents appareils existent sur le marché à l'heure actuelle. Les réglages de la pression positive et de la dépression sont réalisés en fonction du besoin du patient. L'alternance des cycles peut être déclenchée manuellement ou automatiquement.

Questions

L'assistance expiratoire manuelle est-elle indiquée pour augmenter la toux chez les patients atteints de maladies neuromusculaires ?

Argumentaire

Huit études ont montré qu'une assistance expiratoire manuelle seule permettait une augmentation du DEPtoux

(niveau 4) [73,79,80,82–86], mais à des valeurs qui restent globalement faibles (DEPtoux autour de 200 L/min) comparativement aux valeurs requises pour une toux efficace.

Une étude randomisée contrôlée a montré une efficacité de l'assistance expiratoire manuelle chez des patients atteints de MNM, sauf en présence d'une cyphoscoliose sévère associée à une MNM (niveau 4) [87].

Recommandations

Il est recommandé de pratiquer l'assistance expiratoire manuelle dans le but d'augmenter le DEPtoux chez les patients atteints de maladies neuromusculaires (G1B).

L'assistance expiratoire manuelle est-elle indiquée pour augmenter la toux chez les patients obstructifs ?

Argumentaire

Une étude a montré que l'assistance expiratoire manuelle réduisait le DEPtoux chez des patients BPCO (niveau 4) [87].

Recommandation

Aucune recommandation ne peut être apportée sur l'utilisation de l'assistance manuelle chez les patients atteints de pathologies respiratoires obstructives.

L'assistance expiratoire mécanique est-elle indiquée pour augmenter la toux chez les patients atteints de maladies neuromusculaires ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a comparé la toux spontanée à la toux assistée manuellement, la ventilation non invasive, l'assistance inspiratoire et l'assistance expiratoire mécanique, et une assistance expiratoire mécanique. Le

DEPtoux augmentait grâce à cette dernière technique chez des patients MNM à l'âge adulte, mais pas chez les enfants (niveau 4) [88]. Une étude randomisée contrôlée a confirmé ces données chez des patients atteints de sclérose latérale amyotrophique (niveau 4) [85].

Recommandation

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur l'utilisation de l'assistance expiratoire mécanique chez les patients atteints de maladies neuromusculaires.

L'assistance inspiratoire est-elle indiquée pour augmenter la toux chez les patients atteints de maladies neuromusculaires ?

Argumentaire

Neuf études ont montré une augmentation du DEPtoux, dont cinq avec une assistance inspiratoire mécanique (niveau 4) [82,84,89–91] et quatre avec l'air *stacking* chez des patients atteints de myopathie et d'amyotrophies spinales (niveau 4) [92,93] ou de SLA (niveau 2 [94], niveau 4 [90]). L'utilisation de ce dernier de manière régulière a produit un bénéfice sur le DEPtoux d'autant meilleur que la CV était basse, à l'exception des formes bulbaires de SLA [95].

Recommandations

Il est recommandé d'utiliser une assistance inspiratoire afin d'augmenter le DEPtoux chez les patients atteints de maladies neuromusculaires (G1B).

L'association de l'assistance inspiratoire et expiratoire manuelles est-elle indiquée pour augmenter la toux chez les patients atteints de maladies neuromusculaires ?

Argumentaire

Plusieurs études ont évalué cette association en comparaison à une toux spontanée (niveau 4 [73,79–82], niveau 2 [84]). Les meilleurs résultats sont observés chez les patients présentant un déficit de toux plus important (niveau 4) [81].

Une étude randomisée contrôlée a comparé l'insufflation mécanique combinée à une assistance expiratoire manuelle, à l'assistance inspiratoire et expiratoire mécanique seule, et à l'assistance inspiratoire et expiratoire mécanique combinée à une assistance expiratoire manuelle.

L'insufflation mécanique combinée à une assistance expiratoire manuelle est la combinaison qui produit le DEPtoux le plus élevé. L'assistance inspiratoire et expiratoire mécanique combinée à une assistance expiratoire manuelle n'apporte pas de bénéfice chez les patients dont le DEPtoux obtenu avec une assistance inspiratoire mécanique combinée à une assistance expiratoire manuelle dépasse 5 L/s (niveau 2) [96].

Recommandations

Il est recommandé de combiner l'assistance inspiratoire et expiratoire manuelle pour augmenter le DEPtoux chez les patients atteints de maladies neuromusculaires (G1A).

L'association de l'assistance inspiratoire et expiratoire mécanique sont-elles indiquées chez les patients atteints de maladies neuromusculaires ?

Argumentaire

L'assistance inspiratoire et expiratoire mécanique augmentent le DEPtoux chez le patient neuromusculaire ayant une toux déficiente (déterminée de manière variable sur base du DEPtoux < 270 L/min, d'infections à répétition, et du besoin de ventilation assistée) (niveau 4 [85,88,91], niveau 2 [96], niveau 1 [97]), et diminue la fréquence respiratoire et la résistance des voies aériennes après séances (niveau 4 [98]) dans les maladies neuromusculaires.

Recommandations

Il est recommandé d'utiliser l'assistance inspiratoire et expiratoire mécanique chez des patients atteints de MNM avec une déficience de la toux, et pour qui une assistance expiratoire manuelle n'est pas suffisamment efficace (G1A).

Techniques inspiratoires

Définitions des techniques et principes ?

Les techniques inspiratoires sont au nombre de deux.

L'exercice à débits inspiratoires contrôlés (EDIC)

L'EDIC correspondent à une technique de désencombrement inspiratoire lente qui a été décrite pour traiter des troubles de ventilation du « poumon profond » (pneumopathies, atélectasies...). Lors de cette technique, le patient est positionné en décubitus latéral et l'objectif est de ré-expander le territoire supra-latéral par des inspirations lentes et profondes et des pauses télé-inspiratoires [99]. Il peut se combiner en clinique avec de la spirométrie incitative qui n'est pas une technique de désencombrement en tant que technique isolée.

La manœuvre d'inspiration résistée (RIM)

La RIM est une adaptation des techniques utilisées dans le cadre de l'entraînement des muscles inspiratoires (EMI). Il est demandé au patient de réaliser des inspirations successives contre une résistance inspiratoire générée par un appareil. La résistance est fixée en fonction de la pression inspiratoire maximale (PIM) du patient, déterminée à partir d'une inspiration complète en partant du volume résiduel. Le principe consiste à mobiliser les sécrétions périphériques en augmentant le recrutement des territoires pulmonaires encombrés. Différents protocoles sont disponibles dans la littérature [100,101].

Questions

Les techniques inspiratoires sont-elles indiquées chez les patients atteints de bronchiectasies en état stable et en exacerbations ?

Argumentaire

Chez les patients en état stable, deux études ont évalué l'effet d'une seule séance de RIM comparativement à l'ACBT associé au DP&V [102] ou à l'Acapella [103]. Le poids des sécrétions expectorées (critère de jugement principal) était significativement inférieur dans le bras RIM jusqu'à 120 minutes après la séance. Aucune différence n'a été mise en évidence sur les autres critères de jugement (fonction pulmonaire, SpO₂, temps de traitement, préférence) (niveau 1 [3], niveau 4 [103]).

Il n'y a pas de donnée disponible chez le patient en exacerbation.

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur l'utilisation des techniques inspiratoires chez les patients atteints de bronchiectasies.

Les techniques inspiratoires sont-elles indiquées chez les patients atteints de mucoviscidose ?

Argumentaire

Il n'y a pas de donnée disponible chez le patient en état stable.

Deux séances de RIM améliorent le poids des sécrétions expectorées (critère de jugement principal) et les marqueurs inflammatoires présents dans les sécrétions (critères de jugement secondaires) comparativement à l'ACBT combiné au DP&P (niveau 4) [104].

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur l'utilisation des techniques inspiratoires chez les patients atteints de mucoviscidose.

Techniques instrumentales intrathoraciques

Définitions et principes

Différentes techniques instrumentales avec une action intrathoracique existent.

La ventilation à percussions intrapulmonaires (VPI)

Il s'agit d'une modalité ventilatoire qui produit des percussions intrathoraciques en administrant des petits volumes d'air à une fréquence de 80 à 650 cycles/min. Une pression variant de 5 à 35 cmH₂O est générée dans les voies aériennes. Les percussions produisent des vibrations de la paroi des voies aériennes [105].

Les effets physiologiques sont la mobilisation des sécrétions, le recrutement des zones non aérées, et l'amélioration des échanges gazeux. Une réduction du travail diaphragmatique a aussi été relevée [106].

Le pneumothorax non drainé est la seule contre-indication absolue. Des contre-indications relatives existent comme une histoire de pneumothorax, une lobectomie ou pneumectomie récente, des hémoptysies, une insuffisance cardiovasculaire, un manque de coopération et des vomissements. À efficacité équivalente, le coût élevé de la technique est à prendre en compte.

Les dispositifs à pression expiratoire positive

Ces dispositifs ont pour principe de générer une pression expiratoire positive (PEP) continue ou oscillante (PEP-O) pendant une expiration active [107–109]. Le réglage de l'appareil va permettre d'adapter la résistance et de là, la pression expiratoire générée, et la fréquence pour les PEP-O. Certains appareils peuvent être « gravité-dépendants », c'est-à-dire que leurs performances mécaniques varient en fonction du positionnement de l'appareil. Les PEP incluent génèrent des pressions basses (10 à 20 cmH₂O) ou haute (40 à 100 cmH₂O). Le protocole classique consiste en 10 à 15 cycles respiratoires à travers le dispositif (avec expiration active) suivi de 2 à 3 expirations forcées sans le dispositif. Ce cycle est ensuite répété plusieurs fois au besoin.

L'effet physiologique est la mobilisation des sécrétions par différents mécanismes associés :

- une meilleure ventilation collatérale et le retard du collapsus précoce des petites voies aériennes grâce à la pression positive pendant l'expiration [109,110] ;
- une réduction de la viscoélasticité des sécrétions grâce aux oscillations qui entrent en résonance avec la fréquence des battements ciliaires (11–15 Hz) [37,50,109,111–114].

Aucune contre-indication absolue n'est mentionnée. Cependant, un historique de pneumothorax, d'infarctus du myocarde, ou la présence d'une insuffisance cardiaque ou d'hémoptysie mérite une attention particulière.

La pression expiratoire temporaire (T-PEP)

La T-PEP consiste à appliquer une pression expiratoire inférieure à 1 cmH₂O pendant le début de la phase expiratoire. Cette pression est créée par un flux pulsatile d'environ 42 Hz. La T-PEP favoriserait l'élimination des sécrétions des voies aériennes périphériques et la réduction du piégeage de l'air.

Les déflations intrapulmonaires intermittentes

Les déflations intrapulmonaires intermittentes sont une technologie récente. Après une inspiration lente, le patient active les déflations intrapulmonaires intermittentes à l'aide d'une télécommande lors de l'expiration buccale. Une pression négative intermittente est générée et interrompue à une fréquence de 12 Hz durant la phase expiratoire ce qui produit des vibrations de basses fréquences.

Questions

La VPI est-elle indiquée chez les patients atteints de BPCO en état stable ?

Argumentaire

Une étude a comparé la VPI, la HFCWO et un groupe contrôle. La dyspnée, la fonction respiratoire, les activités de la vie quotidienne et l'état de santé global ont été améliorés significativement dans les deux groupes intervention. L'amélioration dans le groupe VPI était supérieure à celle du HFCWO, notamment pour VR, CPT, PIM et PEM, et la diffusion. Les paramètres sanguins, les marqueurs inflammatoires dans les sécrétions, l'analyse des gaz du sang et les préférences des patients sont améliorés dans les deux groupes intervention mais sans différence entre eux (niveau 2) [115]. La VPI ajoutée à une séance d'ELTGOL, PEP et toux n'a pas amélioré la PIM ni la PEM mais bien la SpO₂, comparé à la séance sans VPI. Il n'y avait pas de bénéfice sur les gaz du sang et la dyspnée (niveau 4) [116].

Recommandation

Aucune recommandation ne peut être proposée sur l'utilisation de la VPI dans le cadre du désencombrement bronchique chez des patients atteints de BPCO en état stable.

La VPI est-elle indiquée chez les patients atteints de BPCO en exacerbation ?

Argumentaire

La VPI chez des patients présentant une acidose respiratoire en ventilation non invasive avec casque Helmet (majoritairement hypersécrétants) a montré une amélioration des gaz du sang, FR et FC (critères de jugement principal) comparé à DP&P et ELTGOL. La durée de ventilation mécanique et de séjour aux soins intensifs, et les échanges gazeux à la décharge étaient également diminués dans ce même groupe. Il n'y avait pas plus d'effets indésirables entre les groupes (niveau 4) [117].

Recommandation

Aucune recommandation ne peut être proposée sur l'utilisation de la VPI dans le cadre du désencombrement bronchique chez des BPCO en exacerbation.

La VPI est-elle indiquée chez les patients atteints de pathologies neurologiques ou neuromusculaires ?

Argumentaire

Un essai randomisé contrôlé a comparé la VPI à la spirométrie incitative pendant 6 mois chez des patients neuromusculaires et a montré moins de recours aux antibiotiques (critère de jugement principal) et de jours d'hospitalisation ou de traitements respiratoires dans le groupe VPI (niveau 2) [118].

Dans une étude observationnelle, la VPI ajoutée à un traitement combinant une technique d'expirations forcées, la toux assistée, l'aspiration et des nébulisations de sérum physiologique a montré une plus grande quantité de sécrétions (critère de jugement principal) aspirée chez 8 patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne trachéotomisés, mais uniquement pour les patients hypersécrétants

(> 30 mL/j) (niveau 4). Ce résultat était corrélé à une diminution significative de la résistance des voies aériennes [119]. Une étude rétrospective comparant les effets d'un an traitement (HFCWO vs VPI) chez des enfants avec une trachéotomie a montré une diminution significative du nombre d'infections respiratoires basses, de maladies respiratoires, d'hospitalisation, et du recours aux bronchodilatateurs et aux corticoïdes par voie systémique dans le groupe la VPI (niveau 4) [120].

Recommandations

Il est proposé d'utiliser la VPI chez les patients neuromusculaires ou atteints de maladies neurologiques avec des complications respiratoires pour réduire les hospitalisations et réduire le recours aux antibiotiques (G2B).

Il est proposé d'utiliser la VPI chez les patients neuromusculaires hypersécrétants pour favoriser l'élimination des sécrétions (G2C).

La VPI est-elle indiquée chez les patients atteints de mucoviscidose et chez les patients atteints de bronchiectasies ?

Argumentaire

Une session de VPI a été comparée à une session de DP&P chez des patients avec des bronchiectasies productives. La SpO₂, la FC, le poids des sécrétions et la perception subjective de l'encombrement et de la dyspnée ne montre aucune différence entre les deux séances contrairement à la FR et la sensation d'inconfort qui étaient meilleures avec la VPI (niveau 4) [121].

Toutes les études suivantes traitent de patients atteints de mucoviscidose. Une étude randomisée contrôlée (6 mois) a comparé les effets combinés de la VPI avec une nébulisation d'albutérol à la même nébulisation suivie de kinésithérapie conventionnelle. Aucun effet n'a été observé sur les données anthropométriques ni spirométriques. Le recours aux antibiotiques et le nombre de jours d'hospitalisation n'ont pas montré de différence (niveau 4) [122].

La kinésithérapie conventionnelle précédée d'une nébulisation d'albutérol soit via (1) un nébuliseur classique, soit via (2) la VPI inactivé ou (3) activé n'a montré aucune différence sur les propriétés des sécrétions, leur quantité ni les données spirométriques (niveau 4) [123]. Seul, le DEM25-75 a montré une amélioration plus importante après 1 h de VPI chez les patients les plus sévères mais cet effet avait disparu après 4 h (niveau 4) [123].

La VPI, le Flutter et à la kinésithérapie conventionnelle, associés à une nébulisation d'albutérol ont été comparés sans aucune différence sur la quantité de sécrétions. La CVF était améliorée après 1 h de Flutter et le VEMS après 1 h de Flutter ou de VPI mais après 4 h seuls les effets restaient perceptibles pour le Flutter (niveau 4) [124]. Le drainage autogène précédé d'une nébulisation de solution saline isotonique administrée soit avec la VPI soit avec un nébuliseur classique a augmenté le poids des sécrétions mais sans différence entre la VPI et le nébuliseur classique (niveau 4) [31].

Le DA et la VPI utilisés pendant 5 à 10 jours chez 4 patients chroniquement colonisés par *Pseudomonas aeruginosa* ont montré une différence d'amélioration du VEMS et

de la CVF avec la VPI, réglée à 200 coups par minute (VEMS : $1,0 \pm 2,6$ % et CVF : $0,7 \pm 3,8$ %, respectivement) comparativement au DA ($4,8 \pm 3,3$ % et $6,3 \pm 1$ %, respectivement ; $p < 0,05$). L'inverse était néanmoins constaté lorsque la VPI était réglée à 400 coups par minute (VEMS : $7,7 \pm 3,1$ % ; CVF : $10,7 \pm 3,2$ %, $p < 0,05$) (niveau 4) [49].

Un essai randomisé en *crossover* a montré que chez des patients hospitalisés pour une exacerbation, la VPI permet de collecter une quantité plus importante de sécrétions (poids humide mais pas poids sec) comparativement à l'HFCWO mais pas au DP&P (niveau 4) [125].

Recommandations

Il n'est pas recommandé d'utiliser la VPI chez les patients atteints de mucoviscidose et chez les patients atteints de bronchiectasies pour améliorer la fonction pulmonaire, la quantité de sécrétions ou la dyspnée (G2B).

La VPI est-elle indiquée chez les enfants atteints de bronchiolite du nourrisson ?

Argumentaire

Dans une étude randomisée contrôlée, trois groupes ont été comparés : VPI, DA assisté et un groupe contrôle sans traitement de kinésithérapie. Les trois groupes ont inclus du *bouncing* (réalisation de la technique sur un gros ballon ou *Swiss ball*). Le groupe contrôle a présenté une durée de séjour plus longue (critère de jugement principal) que les 2 autres groupes. La sévérité de la maladie, mesurée par le score de Wang, était réduite par les 2 interventions, sans différence entre celles-ci. La SpO₂ et la FC n'ont changé dans aucun des 3 groupes [63].

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être effectuée par manque de données mais, sur la base de la seule étude existante, la VPI semble apporter des bénéfices sur la durée de séjour et améliorer l'état clinique.

Les techniques de PEP-O et PEP sont-elles indiquées chez les patients atteints de mucoviscidose en état stable ?

Argumentaire

Trois études ont constaté une augmentation des sécrétions expectorées en faveur de la PEP comparativement au traitement standard (niveau 1 [126] et niveau 4 [32,127]) contrairement à une autre étude (niveau 4) [128]. Ce bénéfice s'observe surtout pour le poumon dans son entièreté et par zone. Par contre, seule la région centrale contribue à l'amélioration de la clairance du poumon dans sa globalité quand la PEP est comparée à l'exercice physique (niveau 1) [126]. Une étude comparant une PEP à un traitement standard n'a pas observé de différence à court terme de la fonction pulmonaire (niveau 4) [32].

Une étude a démontré une amélioration significative sur le long terme de la fonction pulmonaire en faveur de la PEP comparativement au DP&P (niveau 4) [129] mais aucune différence sur l'état clinique des patients [129] et les symptômes (niveau 4) [130]. Cette différence n'a pas été retrouvée dans trois autres études (niveau 4) [130–132].

Une augmentation de l'élimination des sécrétions à court terme a été retrouvée en faveur de la PEP dans une seule étude (niveau 4) [133].

Aucune différence significative n'a été observée entre PEP et PEP-O sur le VEMS (niveaux 2 et 4) [44,134–137], la consommation d'antibiotiques (niveau 2) [44], la tolérance à l'effort (niveau 2) [44] et la qualité de vie (niveaux 2 et 4) [44,136]. Deux études portant sur la survenue des exacerbations sur le long terme sont contradictoires sur l'effet (niveau 4) [135,136]. Une très récente étude de vraie vie a évalué la qualité et la quantité des séances de PEP et PEP-O pendant 16 mois chez 141 patients d'âge pédiatrique, présentant une légère atteinte de la fonction pulmonaire (VEMS = 88 % préd) et sous traitement modulateur, soit plus de 45 000 séances et 4 000 000 de cycles analysés. Le recours à l'appareil par les patients varie de 2 à 463 séances soit 47 % de jours sans utilisation. Une utilisation optimale est rare et plus fréquente avec la PEP (24 %) que la PEP-O (9 %). Le VEMS est meilleur chez les patients qui réalisent optimalement la technique, et à chaque séance réalisée correctement est associée un gain en VEMS (0,06 %). De plus, 5 séances hebdomadaires et 20 séances mensuelles sont les seuils à partir desquels un meilleur effet est observé sur la fonction pulmonaire. Les cycles optimaux ont également un effet positif sur le VEMS [138].

Une étude comparant deux systèmes de PEP-O (Cornet et Flutter) n'a pas mis en évidence de différence sur la fonction pulmonaire, la consommation d'antibiotiques, la qualité de vie et la capacité à l'effort (niveau 2) [44].

Aucune différence entre HFCWO et PEP (niveau 2) [139] ou PEP-O (niveau 4 [140,141]) n'a été observée sur la fonction pulmonaire ni la qualité de vie à long terme, contrairement au nombre d'exacerbations, en faveur de la PEP (niveau 2) [139]. De manière similaire, une étude a comparé la clairance mucociliaire pendant une séance de HFCWO, PEP-O, et toux sans montrer de différence entre les trois méthodes (niveau 4) [142].

Aucune différence n'a été retrouvée à long terme sur la fonction pulmonaire et la tolérance à l'effort dans une étude comparant PEP et VNI (niveau 4) [143].

Une étude a comparé deux réglages de PEP (PEP 10–20 cmH₂O et PEP > 20 cmH₂O) sans observer de différence sur la fonction pulmonaire, la quantité de sécrétions expectorées et les échanges gazeux (niveau 4) [128].

Une étude a démontré une diminution significative à court terme de la fonction pulmonaire avec DA suivi de PEP en comparaison au DA seul (niveau 4) [13,32]. Aucune différence n'a en revanche été observée dans une étude comparant PEP, DA et ACBT, ni sur la fonction pulmonaire, la tolérance à l'effort, la qualité de vie et l'utilisation d'antibiotiques (niveau 2) [44] même si l'utilisation d'une PEP a augmenté significativement la quantité des sécrétions expectorées en comparaison au DA (niveau 2) [44].

Aucune différence n'a été observée sur la fonction pulmonaire à court et long termes dans 6 études comparant une PEP-O à une technique expiratoire manuelle (DA [37,44], ACBT [44,137,144], DP&P [141] et ELTGOL [30] [niveaux 2 et 4]). Comparativement au DA et à l'ACBT, l'utilisation de la PEP-O n'augmente pas la quantité des sécrétions expectorées (niveau 4) [37,124,144]. Il en va de même avec ELTGOL

à court terme (niveau 4) [124]. La capacité fonctionnelle mesurée par le test de navette ne montre pas de différence entre la PEP-O, le DA et l'ACBT à long terme (niveau 2) [44], de même pour la qualité de vie entre la PEP-O, le DP&P, le DA et l'ACBT à long terme (niveau 2) [44,141]. L'ajout d'une PEP-O à la nébulisation accompagnée d'un DA améliore l'élimination des sécrétions à court terme (1 h) mais pas à moyen terme (24 h), signant une accélération de l'élimination, et les symptômes de toux et de sécrétions (niveau 2) [145].

Aucune différence n'a été retrouvée sur les propriétés du mucus entre une séance d'exercice d'intensité modérée et une séance d'intervalle training de même intensité et entrecoupée de PEP-O pendant les phases de récupération (niveau 2) [146].

Une étude sur du court terme a comparé la PEP-O à la VPI sans différence sur la fonction pulmonaire et la quantité des sécrétions expectorées (niveau 4) [124].

Recommandations

Il est proposé de recourir aux techniques PEP ou PEP-O chez les patients atteints de mucoviscidose en état stable pour améliorer l'expectoration des sécrétions bronchiques (G2B).

Il n'est pas recommandé de favoriser une technique de PEP/PEP-O par rapport à une autre (G2B).

Les techniques de PEP-O et PEP sont-elles indiquées chez les patients atteints de mucoviscidose en exacerbation ?

Argumentaire

Une étude n'a pas mis en évidence de différence entre PEP et DP&P sur la fonction pulmonaire ou la quantité des sécrétions expectorées mais les deux techniques augmentent la quantité de ces dernières (niveau 4) [147].

Deux études sur la PEP-O n'ont pas non plus trouvé de différence pour la SpO₂, les capacités fonctionnelles et l'amélioration clinique du patient avec le DP&P (niveau 4) [148,149].

Aucune différence n'a été observée sur la fonction pulmonaire dans une étude à court terme comparant PEP et DP+ACBT mais une moindre quantité d'expectorations a été retrouvée avec la PEP (niveau 4) [150]. Néanmoins, les deux traitements augmentaient significativement la quantité des sécrétions expectorées plus que sans techniques de désencombrement (niveau 4) [150].

Aucune différence significative n'a été observée entre PEP et PEP-O sur le VEMS, la quantité des sécrétions expectorées et la capacité à l'effort (niveau 4) [151].

Aucune différence entre PEP et HFCWO n'a été observée à court terme sur le VEMS [128,147,152], la quantité des sécrétions expectorées [147,152] et la SpO₂ (niveau 4) [128,152].

Recommandations

Il n'est pas recommandé d'utiliser les PEP et PEP-O par rapport à d'autres techniques dans le but d'augmenter la quantité des sécrétions expectorées et la fonction pulmonaire (G2B) chez les patients atteints de mucoviscidose en exacerbation.

Les techniques de PEP-O, T-PEP et de PEP sont-elles indiquées chez les patients atteints de BPCO stable ?

Argumentaire

Aucune différence n'a été observée sur la quantité des sécrétions expectorées entre la PEP et les soins standards dans une étude à court terme (niveau 4) [153] contrairement à une étude à long terme en faveur du groupe PEP (niveau 4) [154]. La fonction pulmonaire n'était pas différente à long terme dans cette dernière étude (niveau 4) [154]. Une autre étude comparant la PEP à un groupe contrôle a montré un bénéfice à moyen terme (8 semaines) sur le VEMS, la fatigue et la sévérité de la dyspnée (niveau 2) [155]. Dans une étude similaire à raison de 4 h quotidiennes d'utilisation, la PEP améliore la distance de marche et la dyspnée, la fatigue et le CO₂ expiré à l'effort (niveau 4) [156]. À court terme, la PEP n'a pas montré de bénéfice sur l'hyperinflation chez des patients BPCO en état stable (niveau 2) [157].

La PEP-O augmente la quantité de sécrétions expectorées chez des patients stables peu sécrétant dans un essai randomisé contrôlé (niveau 1) [153]. Dans une étude similaire, elle diminue l'impact de la toux et la fréquence des expectorations sur trois mois en comparaison aux soins courants chez des patients BPCO et pas uniquement ceux qui ont une production importante de sécrétions (niveau 1) [158]. L'apport d'un biofeedback est utile pour améliorer le bénéfice (niveau 4) [159]. Une étude rétrospective a démontré une diminution significative des exacerbations à moyen terme en faveur du PEP-O comparativement aux soins standards (niveau 4) [160]. Ces résultats n'ont cependant pas été retrouvés dans une autre étude (niveau 2) [161]. Une amélioration de la fonction pulmonaire, de la capacité fonctionnelle (inférieure au seuil clinique), de la qualité de vie et des symptômes respiratoires ont été observés dans trois études comparant PEP-O et soins standards chez des patients stables (niveau 2 [161] et niveau 1 [158]) et chez des patients hypersécrétants (niveau 4) [162].

Une amélioration significative de la tolérance à l'effort à long terme a été observée dans une étude comparant T-PEP aux soins courants (niveau 2) [163]. Une amélioration significative à court et à long terme de la qualité de vie, de la dyspnée et de la fonction pulmonaire a été observée dans trois études réalisant la même comparaison (niveau 2) [160,163,164]. Les exacerbations diminuent significativement grâce à T-PEP (niveau 2) [163]. En revanche, T-PEP n'a pas d'effet sur les médiateurs inflammatoires des expectorations dans trois études (niveau 2) [160,163,164].

En comparaison aux soins standards, T-PEP ne montre pas d'effet sur le taux d'exacerbations, les symptômes respiratoires (mMRC, CAT), la capacité fonctionnelle, les échanges gazeux et les médiateurs inflammatoires chez des patients en état stable (niveau 2) [160].

Une amélioration significative de la dyspnée et de la qualité de vie a été observée dans une étude en faveur de l'IPPB comparativement à T-PEP (niveau 2) mais pas sur la fonction respiratoire, les médiateurs inflammatoires ni les échanges gazeux chez des patients BPCO en état stable (niveau 2) [164].

Recommandations

Il est proposé d'utiliser les techniques de PEP, et T-PEP en comparaison aux soins standards dans le but d'augmenter la quantité des sécrétions expectorées et la qualité de vie (G2B).

Il est recommandé d'utiliser les techniques de PEP-O en comparaison aux soins standards dans le but d'augmenter la quantité des sécrétions expectorées (G1B), la qualité de vie (G2A) et les exacerbations (G2B).

Les techniques de PEP-O et PEP sont-elles indiquées chez les patients atteints de BPCO en exacerbation ?

Argumentaire

Une augmentation significative à court terme de la quantité des sécrétions expectorées a été observée dans une étude comparant la PEP aux soins standards chez des patients admis aux soins intensifs pour acidose respiratoire nécessitant de la ventilation non invasive. Une réduction du nombre de jours de ventilation non invasive a également été observée (niveau 4) [165].

Dans une étude comparant la PEP à de l'exercice physique durant l'hospitalisation, aucune différence n'a été observée sur l'amélioration des symptômes (dyspnée, toux et expectorations), le nombre de jours d'hospitalisations ni sur le recours à une assistance ventilatoire. La qualité de vie s'améliore cliniquement mais sans différence entre les groupes. Après la décharge, le nombre d'exacerbations ou d'hospitalisations et le recours aux antibiotiques étaient semblables dans les deux groupes alors que la récupération de la capacité fonctionnelle à l'exercice tend à être plus rapide pour les patients ayant eu recours à la PEP et la dyspnée est améliorée à court terme (niveau 1) [166].

Dans une étude comparant la PEP-O, les expirations lentes prolongées en décubitus latéral (ELTGOL) et le DP&P, aucune différence significative n'a été observée chez des patients BPCO hypersécrétants (> 30 mL/j) sur la quantité de sécrétions expectorées immédiatement après la séance, la SpO₂ ni la fonction pulmonaire. La quantité de sécrétions est cependant plus importante après 1 h avec les deux premières techniques (niveau 4) [28].

Dans une étude comparant PEP et PEP-O, la PEP-O a permis une plus grande élimination quotidienne de sécrétions que la PEP pour un même niveau d'adhérence. Si la durée d'hospitalisation était similaire, elle tend à être moindre pour les patients utilisant la PEP que pour ceux utilisant la PEP-O (niveau 1) [167].

Recommandation

Il est recommandé d'utiliser des techniques de PEP-O et PEP chez les patients atteints de BPCO en exacerbation pour faciliter l'élimination des expectorations (G2A).

Les PEP-O et PEP sont-ils indiqués chez les patients atteints de bronchiectasies en état stable ?

Argumentaire

Quatre études ont démontré une augmentation de la quantité des sécrétions expectorées à court et à long terme

en faveur de la PEP-O comparativement aux soins standards (niveaux 1 et 2) [168–171] alors qu'une autre n'a pas retrouvé cette différence (niveau 2) [50]. Une étude a également montré une amélioration des résistances totales et périphériques (niveau 2) [168]. L'amélioration de la fonction pulmonaire a été retrouvée à court terme (niveau 2) [50] mais pas à long terme (niveau 1) [170]. Par contre, une amélioration à long terme de la capacité à l'effort, la sévérité de la toux et la qualité de vie a été retrouvée en faveur de la PEP-O (niveau 1) [170].

Les médiateurs inflammatoires ne sont pas modifiés à court terme par la PEP-O (niveau 2) [172], ni les exacerbations à long terme (niveau 1) [170].

Aucune différence significative n'a été observée à long terme entre la PEP-O et l'ACBT dans 2 études ou aux compressions thoraciques dans une étude (niveaux 2 et 4) [57,168,173]. La quantité des sécrétions expectorées a été moindre dans 2 études comparant PEP-O et, ELTGOL ou ACBT + DP (niveau 2) [50,54].

Trois études n'ont pas démontré d'amélioration de la fonction pulmonaire ni à court terme ni à long terme entre PEP-O et, ELTGOL ou ACBT (niveaux 2 et 4) [50,54,173]. Une étude à long terme a démontré une amélioration significative du VEMS en faveur de l'ACBT comparativement à PEP-O (niveau 2) [57].

La composante « santé générale » et « douleur » du questionnaire SF-36 est augmentée en faveur de la PEP-O en comparaison à l'ACBT (niveau 4) [173] contrairement au score total (niveau 2) [57].

La PEP-O en comparaison à des techniques manuelles n'apporte pas de bénéfice sur la dyspnée ni la SpO₂ (niveaux 2 et 4) [54,168,173].

Une étude a démontré une augmentation significative de la quantité des sécrétions expectorées en faveur de la PEP-O comparée à la RIM (niveau 4) [103].

Deux études comparant deux PEP-O n'ont pas montré de différence entre elles sur la quantité des sécrétions expectorées à court terme (niveaux 2 et 4) [174,175].

La PEP a été évaluée dans une seule étude. Elle permet d'augmenter l'élimination des sécrétions pendant la durée de la séance et, bien que sans différence avec l'ACBT durant la séance, elle est plus efficace dans l'heure qui suit (niveau 1) [53]. Aucun effet n'est observé sur la fonction respiratoire mais bien sur la saturation et la fatigue bien qu'en deçà du seuil de la signification clinique (niveau 1) [53].

Recommandations

Il est recommandé d'utiliser les techniques PEP-O en comparaison aux soins standards pour augmenter la quantité des sécrétions expectorées (G1B) chez les patients atteints de bronchiectasies en état stable.

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur les PEP chez les patients atteints de bronchiectasies en état stable.

Les PEP-O sont-ils indiqués chez les patients atteints de bronchiectasies en exacerbation ?

Argumentaire

Aucune différence n'a été constatée à court terme sur la quantité des sécrétions expectorées, la fonction pulmonaire

et les symptômes respiratoires à court terme entre PEP-O et soins standards (niveau 4) [176].

Recommandation

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur les PEP-O et PEP chez les patients atteints bronchiectasies en exacerbation.

Les déflations intrapulmonaires intermittentes sont-elles indiquées chez les patients atteints de BPCO en état stable ?

Argumentaire

Les déflations intrapulmonaires intermittentes réduisent le volume résiduel après une séance. Cependant, elles n'ont pas montré de bénéfice sur le recrutement par rapport à la PEP chez des patients BPCO en état stable mais un meilleur débit expiratoire pendant la manœuvre (niveau 2) [157].

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur l'utilisation des déflations intrapulmonaires intermittentes chez des patients BPCO en état stable.

Les déflations intrapulmonaires intermittentes sont-elles indiquées chez les patients atteints de mucoviscidose en exacerbation ?

Argumentaire

Les déflations intrapulmonaires intermittentes ont été étudiées en combinaison avec le DA chez des enfants, sans apporter de bénéfice mais sans effets indésirables (niveau 4) [177]. L'apprentissage s'avère compliqué pour près de 20 % des enfants (niveau 4) [177].

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être effectuée sur l'utilisation des déflations intrapulmonaires intermittentes chez des patients atteints de mucoviscidose en exacerbation.

Technique d'oscillation/compression de la cage thoracique à haute fréquence (high-frequency chest wall oscillation [HFCWO])

Définitions et principes

Les oscillations de la cage thoracique à haute fréquence (high-frequency chest wall oscillation [HFCWO]) s'appliquent par l'intermédiaire d'un gilet gonflable. Des variations de pression intermittentes créent des inflations et déflations successives et répétitives du gilet ce qui produit des vibrations (ou compressions légères et répétitives) sur la paroi thoracique ayant pour objectif d'augmenter le transport mucociliaire. Dans la majorité des études, la fréquence de vibration est de 13 à 15 hertz.

Questions

L'HFCWO est-il indiqué chez les patients atteints de BPCO et d'asthme ?

Argumentaire

Chez des patients atteints de BPCO sévère en état stable, HFCWO a été comparé à la VPI et un groupe contrôle. La dyspnée, les activités de la vie quotidienne et l'état de santé global ont été améliorés significativement dans les deux groupes intervention. Les améliorations dans le groupe HFCWO étaient inférieures à celle du groupe VPI. La fonction respiratoire est aussi améliorée dans les deux groupes intervention mais avec une amélioration supérieure dans le groupe VPI pour VR, CPT, PIM et PEM, et la diffusion. Les paramètres sanguins, les marqueurs inflammatoires dans les sécrétions, l'analyse des gaz du sang et les préférences des patients ont montré une amélioration significative dans les deux groupes intervention, sans différence entre ces deux groupes (niveau 2) [115].

Une étude randomisée contrôlée a comparé l'utilisation de l'HFCWO aux soins courants sur une durée de 4 semaines chez des patients BPCO en état stable et hypersécrétants. Il a été constaté une amélioration de la composante « symptôme » du questionnaire de Saint-Georges mais pas des valeurs spirométriques ni du volume de sécrétions expectorées (niveau 4) [178].

Une étude randomisée contrôlée a étudié les effets de l'HFCWO comparativement à une HFCWO placebo chez 52 patients asthmatiques ou BPCO en exacerbation. Il a été constaté une amélioration de la dyspnée (Borg) dans le groupe HFCWO actif mais pas de différence sur le volume de sécrétions expectorées ni le VEMS (niveau 2) [179].

Recommandations

Il n'est pas recommandé d'utiliser l'HFCWO dans le but d'augmenter la quantité des sécrétions expectorées chez des patients atteints de BPCO ou d'asthme (G2C).

L'HFCWO est-il indiqué chez l'adulte et l'enfant atteint de mucoviscidose en état stable ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a comparé les effets de l'HFCWO à la PEP sur une période de 12 mois. Une survenue plus rapide et un nombre plus élevé d'exacerbations étaient observés dans le groupe HFCWO comparativement au groupe PEP. Il n'a pas été constaté de différence sur la spirométrie et la qualité de vie. La durée de traitement avec l'HFCWO était par ailleurs plus longue qu'avec le PEP (30 min versus 20 min par jour). L'effectif de patient à inclure n'a pas été atteint (niveau 2) [180].

Un essai randomisé en crossover a comparé les effets à court terme (jusqu'à 6 heures après le traitement) des HFCWO aux oscillations orales à haute fréquence et au DP&PV. Il n'a pas été constaté de différence entre les trois modalités sur le poids des sécrétions, les valeurs spirométriques ni la SpO₂ (niveau 4) [181]. De manière similaire, chez des patients adultes en état stable, une étude a évalué la clairance mucociliaire sur une séance de HFCWO, PEP-O

et toux sans montrer de différence entre les trois méthodes (niveau 4) [142].

Une étude randomisée en *crossover* a comparé les effets de l'HFCWO à la DP&PV à court terme. Il a été constaté une augmentation des poids humide et sec des sécrétions expectorées en faveur du groupe HFCWO (niveau 4) [182].

Une étude randomisée en *crossover* a comparé les effets de l'HFCWO à une PEP-O (Flutter) sur 4 semaines sans différence sur les paramètres spirométriques (niveau 4) [140].

Recommandations

Il n'est pas recommandé d'utiliser l'HFCWO par rapport à d'autres modalités de désencombrement pour diminuer la fréquence des exacerbations ni pour améliorer la spirométrie chez les patients atteints de mucoviscidose (adultes et enfants) (G2B).

L'HFCWO est-il indiqué chez l'adulte et l'enfant atteint de mucoviscidose en exacerbation ?

Argumentaire

Un essai randomisé en *crossover* a comparé l'HFCWO aux techniques de désencombrement habituellement utilisées par les patients. Il a été constaté un poids de sécrétions supérieur pendant le traitement et après 24 heures en faveur de leur technique habituelle en comparaison à l'HFCWO. Il n'y avait pas de différence sur les paramètres spirométriques et sur la SpO₂ (niveau 2) [183].

Un essai randomisé en *crossover* a comparé les effets immédiats de l'HFCWO à l'ACBT sur deux jours consécutifs. Il a été constaté une augmentation du poids des sécrétions expectorées et une légère amélioration des paramètres spirométriques (CVF et VEMS) en faveur de l'ACBT en comparaison à l'HFCWO (niveau 4) [47].

Une étude randomisée contrôlée a constaté une diminution de l'inhomogénéité de la ventilation (objectivé par une amélioration de l'indice de clairance pulmonaire) dans le groupe HFCWO sans amélioration clinique pertinente comparativement à une session contrôle (niveau 2) [184].

Un essai randomisé en *crossover* a étudié les effets à court terme de l'HFCWO comparativement à la VPI et au drainage postural. La VPI a permis de collecter une quantité plus importante de sécrétions (poids humide) comparativement à l'HFCWO mais pas à la DP&P. Le poids sec des sécrétions ne montrait pas de différence (niveau 4) [125].

Une étude randomisée en *crossover* a comparé les effets à court terme de l'HFCWC, au DP, au PEP masque et à un groupe contrôle. Le poids des sécrétions expectorées augmente avec les trois modalités par rapport au groupe contrôle. Par ailleurs, le DP était plus efficace que l'HFCWC. Il n'a pas été constaté de différence sur les valeurs spirométriques et la fréquence de toux (niveau 4) [147].

Un essai randomisé a comparé les effets de l'HFCWC au DP&P sans différence sur les valeurs spirométriques et la SpO₂. Une augmentation supérieure du poids des sécrétions expectorées dans l'heure suivant l'intervention a été observée en faveur de l'HFCWC (niveau 4) [185].

Recommandations

Il est recommandé de ne pas utiliser l'HFCWO/C pour augmenter le poids des sécrétions expectorées chez les patients

atteints de mucoviscidose adultes et enfants en exacerbation (G1B).

L'HFCWO/C est-il indiqué chez les patients atteints de bronchiectasies non liées à la mucoviscidose et/ou de dyskinésie ciliaire primitive ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a comparé l'HFCWO aux techniques de désencombrement habituellement utilisées par les patients et à un traitement médical seul (groupe contrôle) chez des patients atteints de bronchiectasies. Les deux interventions étaient réalisées 5 fois par semaine sur 15 jours pendant 30 minutes pour l'HFCWO et 45 minutes pour les techniques de désencombrement classique. Il a été constaté une amélioration significative sur le score clinique (BCSS [critère de jugement principal]), le score CAT, l'échelle de dyspnée mMRC, la fonction pulmonaire, les gaz du sang et les facteurs inflammatoires dans les deux groupes interventionnels comparativement au groupe contrôle. L'HFCWO était supérieure aux techniques de routine concernant le score CAT, le BCSS, le VEMS et la CVF (niveau 2) [186].

Un essai randomisé a étudié les effets de l'HFCWO en comparaison au DP&P chez des patients atteints de dyskinésie ciliaire primitive. Il n'a pas été constaté de différence sur la fonction pulmonaire et la SpO₂ mais un meilleur confort en faveur de l'HFCWO (niveau 4) [187].

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être proposée sur l'utilisation de l'HFCWO dans le cadre du désencombrement bronchique chez des patients atteints de bronchiectasies en état stable ou en exacerbation.

L'utilisation de l'HFCWO est-elle indiquée chez les patients atteints de maladies neuromusculaires ou d'infirmité motrice cérébrale ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a évalué sur le long terme les effets de l'HFCWO en comparaison à l'absence de kinésithérapie chez des patients atteints de sclérose latérale amyotrophique (SLA) (5 vs 4) avec un support ventilatoire à deux niveaux de pression. Aucune différence n'a été constatée sur le temps de survie, la fonction respiratoire, la SpO₂, le taux d'hospitalisation, le nombre de complications respiratoires (atélectasies, pneumopathie) ni le recours à la trachéotomie/ventilation (niveau 4) [188].

Une autre étude randomisée contrôlée a évalué les effets sur 12 semaines de l'HFCWO en comparaison à l'absence de kinésithérapie chez des patients (SLA) mais non ventilés. Il n'a pas été constaté de différence sur les paramètres spirométriques, sur les échanges gazeux ni la fatigue mais bien une diminution cliniquement pertinente de la dyspnée et de la toux nocturne (niveau 4) [189].

Un essai randomisé contrôlé a évalué au long cours les effets de la HFCWO en comparaison à la kinésithérapie respiratoire (non définie) réalisée par les aidants proches chez des patients neuromusculaires et des patients avec une infir-

mité motrice d'origine cérébrale. Il n'a pas été constaté de différence significative sur le nombre d'hospitalisation, la prise d'antibiotique, la qualité du sommeil ni les événements indésirables (niveau 4) [190].

Recommandations

Il n'est pas recommandé d'utiliser l'HFCWO chez les patients atteints de SLA ou de maladies neuromusculaires ou d'une infirmité motrice d'origine cérébrale (G2C).

L'utilisation de l'HFCWO est-elle indiquée chez patients ayant subi une chirurgie thoracique ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a étudié, chez des patients avec un cancer pulmonaire non à petites cellules opéré (lobectomie), les effets de l'HFCWO en postopératoire immédiat (dans les 4 premières heures) en comparaison à la kinésithérapie par percussion. Il a été constaté une récupération plus rapide du VEMS (critère de jugement principal) et une meilleure PaO₂ post-lobectomie en faveur du groupe HFCWO. Il n'a pas été constaté de différence sur la prise d'analgésique, des paramètres hémodynamiques, etc. (niveau 2) [191].

Une étude randomisée en *crossover* a évalué les effets à court terme de l'HFCWO en comparaison au DP&PV chez des patients ayant subi une transplantation pulmonaire. Il n'a pas été constaté de différence sur la dyspnée ni le DEP mais une amélioration de l'oxygénation en faveur de l'HFCWO (niveau 4) [192].

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être proposée sur l'utilisation de l'HFCWO dans le cadre des patients ayant subi une chirurgie thoracique récente.

L'HFCWO est-il indiqué chez d'autres patients présentant une indication de technique de désencombrement ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a évalué les effets de l'HFCWO en comparaison au DP&P chez les patients pour lesquels une indication de désencombrement était posée (bronchiectasie, mucoviscidose, cancer pulmonaire, intubation, etc.). Il n'a pas été constaté de différence entre les deux groupes sur la durée d'hospitalisation (critère de jugement principal), la durée de séjour en réanimation, le nombre de jour sous ventilation mécanique, le nombre de complications respiratoires ni la mortalité (niveau 2) [193].

Une étude randomisée a comparé sur une séance la HFCWO à une technique expiratoire de désencombrement manuel chez des enfants atteints d'une bronchiolite aiguë en secteur non hospitalier. Elle a montré une élimination des sécrétions et une amélioration clinique immédiate, supérieure à la technique manuelle, et sans effet indésirable ni sur la saturation en oxygène (niveau 2) [67].

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être proposée sur l'utilisation de l'HFCWO dans ce cadre.

Activité physique

Définitions et principes

Plusieurs études postulent que l'activité physique (AP) pourrait induire une modification de la dynamique respiratoire susceptible de contribuer voire de se substituer aux techniques de désencombrement bronchique traditionnelles. Ainsi, l'AP pourrait, d'une part, induire une modulation des flux comparable au drainage bronchique, d'autre part, impacter les propriétés mécaniques du mucus. Selon les cas, l'AP pourrait être utilisée comme technique de drainage seule ou en alternance avec des techniques de drainage classique, de modulation du flux expiratoire ou de PEP-O par exemple. Plusieurs modalités sont proposées principalement lors d'un exercice continu (vélo, tapis de marche) mais aussi sur un exercice discontinu (intervalle training, trampoline...).

Questions

Chez les patients atteints de mucoviscidose à l'état stable, l'AP est-elle indiquée pour le désencombrement bronchique ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a comparé l'effet d'une séance de 30 minutes d'entraînement en continu sur vélo à une séance de 30 minutes alternant un entraînement discontinu sur vélo avec l'utilisation d'un PEP-O (Flutter VRP1®) chez 15 patients (niveau 2) [146]. Il n'y avait pas de modification rhéologique des sécrétions (critère de jugement principal) pendant ou entre les séances, ni de la capacité de diffusion.

Une étude randomisée contrôlée a évalué l'effet d'une session de 20 minutes pendant 4 jours consécutifs (AP seule, ACBT avant AP, ACBT après AP, ACBT seule) chez 18 patients (niveau 4) [194]. L'AP consistait en un entraînement en continu sur vélo. Les auteurs ont rapporté un volume de sécrétions bronchiques récolté moins important sur 24 h dans le bras AP seul comparé aux trois autres interventions (critère de jugement principal).

Une équipe a réalisé trois essais randomisés-contrôlés au design similaire. Ils ont d'abord comparé deux types d'entraînement continu (marche sur tapis ou cycloergomètre pendant 20 minutes) avec une session contrôle de durée équivalente ($n=14$) (niveau 1) [195]. L'entraînement sur tapis roulant est supérieur aux autres sessions en termes d'impédance mécanique (réduction plus importante de la viscoélasticité). Dans la 2^e étude, la condition « tapis de marche » a été remplacée par une session de 20 minutes de PEP-O (Flutter) ($n=6$) (niveau 2) [112]. Les deux conditions étaient équivalentes et supérieures à la condition contrôle sur la viscoélasticité du mucus. Dans la dernière étude, la séance de PEP-O était remplacée par une séance de PEP (résistance réglée pour obtenir 10–20 cmH₂O à l'expiration) et toux. Une séance de 20 minutes de tapis roulant à 60 % de la VO₂max a été étudiée en comparaison à la PEP et à une séance contrôle. Un bénéfice a été observé sur la clairance mucociliaire comparativement à la situation contrôle après 90 minutes mais il était moindre que pour la PEP (niveau 1) [126].

Une étude randomisée contrôlée a évalué l'apport d'une séance d'AP de 30 minutes de trampoline, de vélo ou de billard (groupe contrôle) en préalable au désencombrement (niveau 4) [196]. La quantité de mucus expectoré était supérieure lors de la session de trampoline par rapport à la session contrôle (critère de jugement principal). Aucune différence n'a été rapportée sur la fonction pulmonaire dans les différents groupes.

Une étude randomisée contrôlée a évalué l'effet d'une séance de 20 minutes d'AP associée à des manœuvres d'expirations forcées suivi de toux comparativement à une séance d'ACBT (niveau 1) [39]. Aucune différence sur le volume de sécrétions bronchiques expectorées n'a été observée entre les deux interventions (critère de jugement principal).

Une étude observationnelle a évalué l'effet de 7 semaines d'AP (natation) un jour sur deux (niveau 4) [197] et rapporté une amélioration des volumes pulmonaires statiques (VEMS, CVF et DEP) (critère de jugement principal) à la fin des 7 semaines. Néanmoins cet effet disparaît avec l'arrêt de l'AP.

Recommandations

Chez les patients atteints de mucoviscidose à l'état stable, il est recommandé d'introduire l'activité physique en complément des techniques de désencombrement afin d'optimiser leur efficacité (G1B).

Actuellement, il n'y a pas suffisamment d'arguments pour remplacer les séances de désencombrement bronchique par des sessions d'activité physique uniquement.

Chez les patients atteints de mucoviscidose en exacerbation, l'AP est-elle indiquée pour le désencombrement bronchique ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a évalué l'apport préalable d'une séance de 60 minutes d'activité physique avant drainage bronchique (techniques expiratoires, drainage postural, vibrations et percussions) (niveau 4) [198]. Le volume de sécrétions bronchiques (critère de jugement principal) est plus important lors de l'association AP et du drainage bronchique en comparaison au drainage bronchique seul (groupe contrôle) sans modification de la fonction pulmonaire dans les deux groupes.

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être effectuée chez les patients atteints de mucoviscidose en exacerbation concernant l'effet de l'exercice physique sur le désencombrement au vu de la littérature actuelle.

Désencombrement des voies aériennes supérieures

Définition et principes

Le désencombrement des voies aériennes supérieures englobe deux grands groupes de techniques.

Les techniques de rinçage nasal

Elles consistent à propulser une certaine quantité de liquide (hors médicament dans le cadre de ces recommandations) dans les fosses nasales. Il existe une grande variabilité dans les techniques pratiquées dans les études. En effet la position du patient, le volume et le type de liquide à propulser, la pression à utiliser, l'interface (spray ou seringue) sont très différents selon les travaux. Le principe de base reste le même. L'idée est de rincer les fosses nasales à l'aide d'une solution de sérum salé isotonique ou hypertonique dans le but d'augmenter la clairance mucociliaire et de diminuer les symptômes nasaux (congestion, écoulements, démangeaisons par exemple). Une action sur les peptides antimicrobiens pourrait aussi exister.

Les techniques inspiratoires comme la désobstruction rhinopharyngée rétrograde (DRR)

Elles visent à réaliser chez le nourrisson ou le petit enfant une inspiration nasale forcée dans le but d'assurer un rinçage des fosses nasales et du nasopharynx. Après instillation et une expiration prolongée, la bouche de l'enfant est brièvement fermée afin d'obtenir une inspiration nasale importante. Elles peuvent accompagner les techniques de rinçage nasal.

Questions

Chez les enfants de moins de 3 ans avec une infection aiguë des voies aériennes supérieures, la DRR est-elle indiquée ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a comparé l'effet de la DRR seule ou associée à une éducation des parents par rapport à l'éducation seule ou à un traitement contrôle (4 bras d'intervention) durant un mois (niveau 4) [199]. Les enfants des groupes DRR (seul ou avec éducation) ont été vus trois jours consécutivement, une fois par jour. Le DRR était précédé d'une instillation de sérum physiologique sans autre précision sur la technique (dose, pression, interface). Les enfants du groupe DRR et éducation ont présenté un nombre significativement plus faible d'infections des VAS, d'otite ou d'infections des voies aériennes inférieures à 1 mois. La consommation d'antibiotiques ainsi que l'absentéisme parental étaient également plus faibles dans le groupe DRR et éducation.

Une étude contrôlée randomisée a comparé l'effet d'une séance de DRR par rapport à un traitement contrôle (niveau 4) [200]. Le DRR a été précédée d'un rinçage nasal n'excédant pas 50 mL de sérum physiologique par narine à faible pression. L'auscultation nasale réalisée 30 min après la session a révélé un nombre moins important d'enfants obstrués dans le groupe DRR (critère de jugement principal). Aucune différence n'a été retrouvée sur le pic de pression de l'oreille moyenne ni sur la compliance de la membrane tympanique.

Recommandations

Aucune recommandation ne peut être effectuée chez les enfants de moins de 3 ans avec une infection aiguë des

voies aériennes supérieures concernant l'effet du DRR sur le désencombrement des VAS au vu de la littérature actuelle.

Chez les nourrissons atteints de bronchiolite aiguë du nourrisson, la DRR est-elle indiquée ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a comparé les effets de la DRR (3 interventions réparties sur une journée) par rapport à l'aspiration nasale avec une technique de rinçage nasal avec du sérum physiologique (niveau 2) [201]. Une fréquence cardiaque plus basse 10 et 30 minutes après l'intervention dans le groupe DRR le matin et l'après-midi a été observée (critère de jugement principal) mais aucune différence sur la fréquence respiratoire, la saturation pulsée en oxygène (SpO₂) ni l'état clinique des nourrissons. Un nombre de saignements et de vomissements moins importants a été rapporté dans le groupe DRR mais sans comparaison statistique. D'autres études l'ont inclus dans la prise en charge mais pas de manière isolée ce qui rend l'interprétation de l'effet isolé difficile [202].

Recommandation

Aucune recommandation ne peut être effectuée chez les nourrissons atteints de bronchiolite aiguë concernant l'effet du DRR au vu de la littérature actuelle.

Chez les nourrissons atteints de bronchiolite aiguë du nourrisson, le rinçage nasal est-il indiqué ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a comparé une instillation nasale de sérum hypertonique à 3 % ou de sérum physiologique (1 mL de sérum dans chaque narine) à un traitement standard jusqu'à 50 minutes après l'instillation (niveau 2) [203]. Les auteurs ont rapporté une SpO₂ supérieure mais sans signification clinique dans les deux groupes « instillations nasales » par rapport au groupe contrôle (critère de jugement principal). Aucune différence n'a été rapportée concernant les signes cliniques des nourrissons entre les groupes.

Recommandation

Aucune recommandation ne peut être effectuée chez les nourrissons atteints de bronchiolite aiguë concernant l'effet du rinçage nasal au vu de la littérature actuelle.

Chez les enfants atteints de rhinite ou rhinosinusite aiguë, le rinçage nasal est-il indiqué ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée (3 à 12 ans) a étudié l'effet du rinçage nasal avec une solution saline en supplément à un traitement standard (antibiotique, mucolytique, décongestionnant nasal) en comparaison à un traitement standard seul (niveau 4) [204]. Les auteurs ont observé une amélioration significative de certains symptômes en faveur du rinçage nasal (rhinorrhée diurne, congestion nasale). Une analyse de sous-groupe démontre une amélioration de la qualité du sommeil pour les patients à terrain atopique. Une amélioration de la qualité de vie et du débit expiratoire de pointe

nasal en faveur du groupe rinçage nasal a été observée sans différence sur les critères radiologiques des sinus.

Une étude randomisée contrôlée a étudié l'effet de la combinaison de fluticasone propionate et d'un rinçage nasal à haut volume/basse pression en comparaison à un traitement standard (antibiothérapie et décongestionnant nasal) dans une population pédiatrique (5 à 18 ans) (niveau 4) [205]. Aucune différence n'a été observée sur les scores cliniques, symptomatologiques, radiologique (sinus) ni sur les médiateurs inflammatoires. Néanmoins, une amélioration du débit inspiratoire de pointe nasal a été observée en faveur du groupe rinçage nasal.

Une étude randomisée contrôlée (3 à 15 ans) a comparé l'efficacité d'un rinçage nasal de sérum hypertonique (1,25 %) avec une bouteille compressible (240 mL) ou une seringue (20 mL) (niveau 4) [206]. Une diminution des symptômes et une plus grande satisfaction était retrouvée en faveur de l'utilisation de la bouteille compressible. Il n'y avait pas de différence sur la prise de traitement antihistaminique.

Une étude randomisée contrôlée (6 à 10 ans) a évalué les effets de 3 méthodes de rinçage nasal comparé à un traitement standard seul (niveau 4) [207]. Les améliorations des résistances nasales et des symptômes étaient en faveur de l'installation nasale indépendamment de la méthode pratiquée. De plus, le recours au décongestionnant nasal et aux mucolytiques était également deux fois moins important. Ces patients étaient significativement moins malades et présentaient moins d'absence scolaire.

Recommandations

Chez les enfants de plus de 3 ans atteints de rhinosinusite aiguë, il est proposé de pratiquer une technique de rinçage nasal de sérum physiologique pour diminuer l'obstruction nasale (G2C).

Chez les patients adultes atteints de rhinosinusite chronique, le rinçage nasal est-il indiqué ?

Argumentaire

Une étude randomisée contrôlée a comparé les effets du rinçage nasal avec du sérum physiologique, du sérum hypertonique (2,7 %) et d'une solution de Ringer durant 6 semaines (niveau 4) [208]. Les rinçages ont été réalisés trois fois par jour dans les trois groupes. Une amélioration du score VAS a été rapportée en faveur de la solution de Ringer par rapport au sérum physiologique (critère de jugement principal). Le Sino-Nasal Outcome Test (SNOT-20) a été amélioré dans les trois groupes sans différence entre les groupes. La clairance mucociliaire des VAS n'a pas été modifiée [208].

Une étude randomisée contrôlée a comparé les effets de 3 méthodes de rinçage nasal chez des patients adultes et sujets sains (niveau 4) [209]. Les différentes méthodes étaient (1) la douche nasale, (2) pulvérisation (5 pressions afin d'obtenir environ 1,5 mL de sérum physiologique par narine), (3) nébulisation de 2 mL de sérum physiologique. La douche nasale était significativement plus efficace pour irriguer les sinus maxillaires et frontaux que les 2 autres techniques.

Une étude randomisée contrôlée a comparé les effets d'un rinçage nasal au sérum hypertonique (3,5 %), à un

rinçage nasal avec du sérum physiologique (0,9 %) chez des patients âgés de 3 à 16 ans (niveau 4) [210]. Dans les deux groupes, les patients devaient réaliser une instillation goutte à goutte de 10 mL par narine 3 fois par jour pendant 4 semaines. Une amélioration significative de la toux, des sécrétions nasales, de l'écoulement postérieur et du score radiologique des sinus a été observée en faveur du groupe sérum hypertonique. Néanmoins, aucune différence n'a été observée un mois après l'arrêt du protocole.

Recommandation

Aucune recommandation ne peut être effectuée chez les patients atteints de rhinosinusite chronique concernant le rinçage nasal.

Conclusion

On est forcé de conclure qu'un nombre restreint de recommandations fortes peuvent être tirées sur base de cette revue rigoureuse et exhaustive. Les fortes recommandations portent principalement sur les patients ou situation associés à des sécrétions importantes. Malgré cela, ces recommandations sur les techniques de désencombrement ont le mérite de synthétiser en un manuscrit unique, l'état de la question sur toutes les techniques de désencombrement et dans toutes les situations cliniques investiguées. Diverses revues *Cochrane* existent sur cette thématique mais elles portent soit sur une technique seule soit sur une pathologie. Sans surprise, les recommandations proposées dans cet article sont dans la même lignée que les conclusions des revues *Cochrane*. Dans le futur, outre des définitions homogènes des techniques de désencombrement, des essais randomisés-contrôlés d'un haut niveau méthodologique sont nécessaires pour clarifier l'intérêt de ces techniques dans la prise en charge des patients. De plus, la sélection des patients sur base de signes cliniques ou de symptômes plutôt que par la pathologie serait probablement mieux pour affiner les connaissances des effets liés à ces techniques.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts excepté W. Poncin qui a reçu un financement pour des travaux de recherche de la part de l'entreprise PhysioAssist.

Références

- [1] Mauroy B, Fausser C, Pelca D, et al. Role of bronchus morphology on mucus mobilization during chest physiotherapy. *Eur Respir J* 2015;46:PA4204.
- [2] Mauroy B, Fausser C, Pelca D, et al. Toward the modeling of mucus draining from the human lung: role of the geometry of the airway tree. *Phys Biol* 2011;8:056006.
- [3] West JB, Luks A. *West's respiratory physiology: the essentials*. 10 ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2016.
- [4] Mauroy B, Flaud P, Pelca D, et al. Toward the modeling of mucus draining from human lung: role of airways deformation on air-mucus interaction. *Front Physiol* 2015;6:214.
- [5] West JB, Luks AM. *West's pulmonary pathophysiology: the essentials*. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017.
- [6] Kim CS, Iglesias AJ, Sackner MA. Mucus clearance by two-phase gas-liquid flow mechanism: asymmetric periodic flow model. *J Appl Physiol* 1987;62:959-71.
- [7] King M, Zahm JM, Pierrot D, et al. The role of mucus gel viscosity, spinnability, and adhesive properties in clearance by simulated cough. *Biorheology* 1989;26:737-45.
- [8] Marshall H, Deppe MH, Parra-Robles J, et al. Direct visualization of collateral ventilation in COPD with hyperpolarised gas MRI. *Thorax* 2012;67:613-7.
- [9] Greenblatt EE, Butler JP, Venegas JG, et al. Pendelluft in the bronchial tree. *J Appl Physiol* 2014;117:979-88.
- [10] Mead J, Takishima T, Leith D. Stress distribution in lungs: a model of pulmonary elasticity. *J Appl Physiol* 1970;28:596-608.
- [11] Barthe J, Binoche C, Brossard V. *Pneumokinésithérapie*. Paris: Doin; 1990, 309pp.
- [12] Pryor JA, Prasad SA. *Physiotherapy for respiratory and cardiac problems: adults and paediatrics*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2008, 640pp.
- [13] Main E, Grillo L, Rand S. Airway clearance strategies in cystic fibrosis and non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Semin Respir Crit Care Med* 2015;36:251-66.
- [14] Chevaillier J, Gauchez H. Principes du drainage autogène appliqué au nourrisson et à l'adulte dans la mucoviscidose. *Rev Mal Respir* 2005;22:548-50.
- [15] Van Ginderdeuren F, Vandenplas Y, Deneyer M, et al. Influence of bouncing and assisted autogenic drainage on acid gastro-oesophageal reflux in infants. *Pediatr Pulmonol* 2017;52:1057-62.
- [16] Postiaux G, Dubois R, Marchand E, et al. Effets de la kinésithérapie respiratoire associant expiration lente prolongée et toux provoquée dans la bronchiolite du nourrisson. *Kinesithérapie* 2006;6:35-41.
- [17] Postiaux G. *Kinésithérapie et bruits respiratoires : nouveau paradigme. Nourrisson, enfant, adulte*. Louvain-La-Neuve: De Boeck supérieur; 2016, 465pp.
- [18] Postiaux G, Lens E, Alsteens G. L'expiration lente totale glotte ouverte en décubitus latéral (ELTGOL) : nouvelle manœuvre pour la toilette bronchique objectivée par vidéobronchographie. *Ann Kinesither* 1987;14:341-50.
- [19] Martins JA, Dornelas de Andrade A, Britto RR, et al. Effect of slow expiration with glottis opened in lateral posture (ELTGOL) on mucus clearance in stable patients with chronic bronchitis. *Respir Care* 2012;57:420-6.
- [20] Shen MD, Li YW, Xu LQ, et al. Role of active cycle of breathing technique for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a pragmatic, randomized clinical trial. *Int J Nurs Stud* 2021;117:103880.
- [21] Melam G, Zakaria AR, Buragadda S, et al. Comparison of autogenic drainage & active cycle breathing techniques on FEV1, FVC & PEFr in chronic obstructive pulmonary disease. *World Appl Sci J* 2012;20:818-22.
- [22] Savci S, Ince DI, Arikan H. A comparison of autogenic drainage and the active cycle of breathing techniques in patients with chronic obstructive pulmonary diseases. *J Cardiopulm Rehabil* 2000;20:37-43.
- [23] Su CL, Chiang LL, Chiang TY, et al. Domiciliary positive expiratory pressure improves pulmonary function and exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Formos Med Assoc* 2007;106:204-11.
- [24] Pawadshetty V, Munde SD, Sureshkumar T, et al. A study to evaluate the effect of ACBT over autogenic drainage technique in COPD patients - a comparative study. *Indian J Physiother Occup Ther Int J* 2016;10:86-90.
- [25] Jahan S, Kumar L, Ahmed F. Comparison of effects of flutter device versus autogenic drainage on peak expiratory flow rate, oxygen saturation, respiratory rate and pulse

- rate in COPD patients. *J Novel Physiother Phys Rehabil* 2015;2:044–50.
- [26] Ilayaraja A, Shawesh A. A comparative study on effectiveness of autogenic drainage (AD) versus postural drainage (PD) in improving pulmonary function (FEV1, FVC) in chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Jamahiriya Med J* 2010;10:106–10.
- [27] Kodric M, Garuti G, Colombari M, et al. The effectiveness of a bronchial drainage technique (ELTGOL) in COPD exacerbations. *Respirology* 2009;14:424–8.
- [28] Bellone A, Lascioli R, Raschi S, et al. Chest physical therapy in patients with acute exacerbation of chronic bronchitis: effectiveness of three methods. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81:558–60.
- [29] Basri DR, Tahir M, Naseem M. Short-term effects of chest physiotherapy in acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *J Med Sci* 2017;25:323–7.
- [30] Guimaraes FS, Lopes AJ, Moco VJ, et al. Eltgo acutely improves airway clearance and reduces static pulmonary volumes in adult cystic fibrosis patients. *J Phys Ther Sci* 2014;26:813–6.
- [31] Van Ginderdeuren F, Verbanck S, Van Cauwelaert K, et al. Chest physiotherapy in cystic fibrosis: short-term effects of autogenic drainage preceded by wet inhalation of saline versus autogenic drainage preceded by intrapulmonary percussive ventilation with saline. *Respiration* 2008;76:175–80.
- [32] Pflieger A, Theissl B, Oberwaldner B, et al. Self-administered chest physiotherapy in cystic fibrosis: a comparative study of high-pressure PEP and autogenic drainage. *Lung* 1992;170:323–30.
- [33] Hristara-Papadopoulou A, Tsanakas J. Results of active cycle of breathing techniques and conventional physiotherapy in mucociliary clearance in children with cystic fibrosis. *Hippokratia* 2007;11:202–4.
- [34] Pryor JA, Webber BA, Hodson ME, et al. The Flutter VRP1 as an adjunct to chest physiotherapy in cystic fibrosis. *Respir Med* 1994;88:677–81.
- [35] Miller S, Hall DO, Clayton CB, et al. Chest physiotherapy in cystic fibrosis: a comparative study of autogenic drainage and the active cycle of breathing techniques with postural drainage. *Thorax* 1995;50:165–9.
- [36] Gursli S, Quittner A, Jahnsen RB, et al. Airway clearance physiotherapy and health-related quality of life in cystic fibrosis. *PLoS One* 2022;17:e0276310.
- [37] App EM, Kieselmann R, Reinhardt D, et al. Sputum rheology changes in cystic fibrosis lung disease following two different types of physiotherapy: flutter vs. autogenic drainage. *Chest* 1998;114:171–7.
- [38] Helper N, Kodesh E, Sokol G, et al. The benefits of mechanical insufflator–exsufflator compared to autogenic drainage in adults with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 2020;55:3046–52.
- [39] Reix P, Aubert F, Werck-Gallois MC, et al. Exercise with incorporated expiratory manoeuvres was as effective as breathing techniques for airway clearance in children with cystic fibrosis: a randomised crossover trial. *J Physiother* 2012;58:241–7.
- [40] Wallaert E, Perez T, Prevotat A, et al. The immediate effects of a single autogenic drainage session on ventilatory mechanics in adult subjects with cystic fibrosis. *PLoS One* 2018;13:e0195154.
- [41] Giles DR, Wagener JS, Accurso FJ, et al. Short-term effects of postural drainage with clapping vs. autogenic drainage on oxygen saturation and sputum recovery in patients with cystic fibrosis. *Chest* 1995;108:952–4.
- [42] Sokol G, Viložni D, Hakimi R, et al. The short-term effect of breathing tasks via an incentive spirometer on lung function compared with autogenic drainage in subjects with cystic fibrosis. *Respir Care* 2015;60:1819–25.
- [43] McIlwaine M, Wong LT, Chilvers M, et al. Long-term comparative trial of two different physiotherapy techniques; postural drainage with percussion and autogenic drainage, in the treatment of cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 2010;45:1064–9.
- [44] Pryor JA, Tannenbaum E, Scott SF, et al. Beyond postural drainage and percussion: airway clearance in people with cystic fibrosis. *J Cyst Fibros* 2010;9:187–92.
- [45] Reisman JJ, Rivington-Law B, Corey M, et al. Role of conventional physiotherapy in cystic fibrosis. *J Pediatr* 1988;113:632–6.
- [46] Holland AE, Denehy L, Ntoumenopoulos G, et al. Non-invasive ventilation assists chest physiotherapy in adults with acute exacerbations of cystic fibrosis. *Thorax* 2003;58:880–4.
- [47] Phillips GE, Pike SE, Jaffé A, et al. Comparison of active cycle of breathing and high-frequency oscillation jacket in children with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 2004;37:71–5.
- [48] Williams MT, Parsons DW, Frick RA, et al. Acute respiratory infection in patients with cystic fibrosis with mild pulmonary impairment: comparison of two physiotherapy regimens. *Aust J Physiother* 2001;47:227–36.
- [49] Dingemans J, Eyns H, Willekens J, et al. Intrapulmonary percussive ventilation improves lung function in cystic fibrosis patients chronically colonized with *Pseudomonas aeruginosa*: a pilot cross-over study. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2018;37:1143–51.
- [50] Guimaraes FS, Moco VJ, Menezes SL, et al. Effects of ELTGOL and Flutter VRP1(R) on the dynamic and static pulmonary volumes and on the secretion clearance of patients with bronchiectasis. *Rev Bras Fisioter* 2012;16:108–13.
- [51] Herrero-Cortina B, Vilaró J, Martí D, et al. Short-term effects of three slow expiratory airway clearance techniques in patients with bronchiectasis: a randomised crossover trial. *Physiotherapy* 2016;102:357–64.
- [52] Muñoz G, de Gracia J, Buxó M, et al. Long-term benefits of airway clearance in bronchiectasis: a randomised placebo-controlled trial. *Eur Respir J* 2018;51:1701926.
- [53] Santos MD, Milross MA, McKenzie DK, et al. Bubble-positive expiratory pressure device and sputum clearance in bronchiectasis: a randomised cross-over study. *Physiother Res Int* 2020;25:e1836.
- [54] Eaton T, Young P, Zeng I, et al. A randomized evaluation of the acute efficacy, acceptability and tolerability of flutter and active cycle of breathing with and without postural drainage in non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Chron Respir Dis* 2007;4:23–30.
- [55] Poncin W, Reyckler G, Leeuwercck N, et al. Short-term effect of autogenic drainage on ventilation inhomogeneity in adult subjects with stable non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Respir Care* 2017;62:524–31.
- [56] Puneeth B, CK MF, Devi R, et al. Efficacy of active cycle of breathing technique and postural drainage in patients with bronchiectasis – a comparative study. *Innovative J Med Health Sci* 2012;2:129–32.
- [57] Thompson CS, Harrison S, Ashley J, et al. Randomised crossover study of the Flutter device and the active cycle of breathing technique in non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Thorax* 2002;57:446–8.
- [58] Gajdos V, Katsahian S, Beydon N, et al. Effectiveness of chest physiotherapy in infants hospitalized with acute bronchiolitis: a multicenter, randomized, controlled trial. *PLoS Med* 2010;7:e1000345.
- [59] Pupin MK, Riccetto AG, Ribeiro JD, et al. Comparison of the effects that two different respiratory physical therapy techniques have on cardiorespiratory parameters in infants with acute viral bronchiolitis. *J Bras Pneumol* 2009;35:860–7.

- [60] Rochat I, Leis P, Bouchardy M, et al. Chest physiotherapy using passive expiratory techniques does not reduce bronchiolitis severity: a randomised controlled trial. *Eur J Pediatr* 2012;171:457–62.
- [61] Conesa-Segura E, Reyes-Dominguez SB, Ríos-Díaz J, et al. Prolonged slow expiration technique improves recovery from acute bronchiolitis in infants: FIBARRIX randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2019;33:504–15.
- [62] Gomes EL, Postiaux G, Medeiros DR, et al. Chest physical therapy is effective in reducing the clinical score in bronchiolitis: randomized controlled trial. *Rev Bras Fisioter* 2012;16:241–7.
- [63] Van Ginderdeuren F, Vandenplas Y, Deneyer M, et al. Effectiveness of airway clearance techniques in children hospitalized with acute bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol* 2017;52:225–31.
- [64] Postiaux G, Louis J, Labasse HC, et al. Evaluation of an alternative chest physiotherapy method in infants with respiratory syncytial virus bronchiolitis. *Respir Care* 2011;56:989–94.
- [65] Bernard-Narbonne F, Daoud P, Castaing H, et al. Effectiveness of chest physiotherapy in ventilated children with acute bronchiolitis. *Arch Pediatr* 2003;10:1043–7.
- [66] Evenou D, Sebban S, Fausser C, et al. Évaluation de l'effet de la kinésithérapie respiratoire avec augmentation du flux expiratoire dans la prise en charge de la première bronchiolite du nourrisson en ville. *Kinesithérapie* 2017;187:3–8.
- [67] Gonzalez-Bellido V, Velaz-Baza V, Blanco-Moncada E, et al. Immediate effects and safety of high-frequency chest wall compression compared to airway clearance techniques in non-hospitalized infants with acute viral bronchiolitis. *Respir Care* 2021;66:425–33.
- [68] Sebban S, Pull L, Smail A, et al. Influence de la kinésithérapie respiratoire sur la décision d'hospitalisation du nourrisson de moins d'un an atteint de bronchiolite aux urgences pédiatriques. *Kinesithérapie* 2016;183:3–8.
- [69] Corten L, Jelsma J, Human A, et al. Assisted autogenic drainage in infants and young children hospitalized with uncomplicated pneumonia, a pilot study. *Physiother Res Int* 2018;23:e1690.
- [70] Schivinski C, Ribeiro MAGDO, Ribeiro J, et al. Respiratory physiotherapy in children with community-acquired pneumonia. *Can J Respir Ther* 2009;45:23–8.
- [71] Chaudri MB, Liu C, Hubbard R, et al. Relationship between supramaximal flow during cough and mortality in motor neuron disease. *Eur Respir J* 2002;19:434–8.
- [72] Chatwin M, Toussaint M, Gonçalves MR, et al. Airway clearance techniques in neuromuscular disorders: a state of the art review. *Respir Med* 2018;136:98–110.
- [73] Toussaint M, Boitano LJ, Gathot V, et al. Limits of effective cough-augmentation techniques in patients with neuromuscular disease. *Respir Care* 2009;54:359–66.
- [74] Toussaint M, Boitano LJ, Gathot V, et al. Limits of effective cough-augmentation techniques in patients with neuromuscular disease. *Respir Care* 2009;54:359–66.
- [75] Sancho J, Servera E, Diaz J, et al. Comparison of peak cough flows measured by pneumotachograph and a portable peak flow meter. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83:608–12.
- [76] Bach JR, Saporito LR. Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning. *Chest* 1996;110:1566–71.
- [77] Toussaint M, Chatwin M, Gonzales J, et al. 228th ENMC International Workshop: airway clearance techniques in neuromuscular disorders Naarden, The Netherlands, 3–5 March, 2017. *Neuromuscul Disord* 2018;28:289–98.
- [78] Massery M. Musculoskeletal and neuromuscular interventions: a physical approach to cystic fibrosis. *J R Soc Med* 2005;98:55–66.
- [79] Bianchi C, Carrara R, Khirani S, et al. Independent cough flow augmentation by glossopharyngeal breathing plus table thrust in muscular dystrophy. *Am J Phys Med Rehabil* 2014;93:43–8.
- [80] Kim SM, Choi WA, Won YH, et al. A comparison of cough assistance techniques in patients with respiratory muscle weakness. *Yonsei Med J* 2016;57:1488–93.
- [81] Ishikawa Y, Bach JR, Komaroff E, et al. Cough augmentation in Duchenne muscular dystrophy. *Am J Phys Med Rehabil* 2008;87:726–30.
- [82] Brito MF, Moreira GA, Pradella-Hallinan M, et al. Air stacking and chest compression increase peak cough flow in patients with Duchenne muscular dystrophy. *J Bras Pneumol* 2009;35:973–9.
- [83] Bach JR. Mechanical insufflation–exsufflation. Comparison of peak expiratory flows with manually assisted and unassisted coughing techniques. *Chest* 1993;104:1553–62.
- [84] Trebbia G, Lacombe M, Fermanian C, et al. Cough determinants in patients with neuromuscular disease. *Respir Physiol Neurobiol* 2005;146:291–300.
- [85] Mustfa N, Aiello M, Lyall RA, et al. Cough augmentation in amyotrophic lateral sclerosis. *Neurology* 2003;61:1285–7.
- [86] Bach JR. Update and perspective on noninvasive respiratory muscle aids. Part 2: the expiratory aids. *Chest* 1994;105:1538–44.
- [87] Sivasothy P, Brown L, Smith IE, et al. 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* 2001;56:438–44.
- [88] Chatwin M, Ross E, Hart N, et al. Cough augmentation with mechanical insufflation/exsufflation in patients with neuromuscular weakness. *Eur Respir J* 2003;21:502–8.
- [89] Dohna-Schwake C, Raette R, Teschler H, et al. IPPB-assisted coughing in neuromuscular disorders. *Pediatr Pulmonol* 2006;41:551–7.
- [90] Toussaint M, Pernet K, Steens M, et al. Cough augmentation in subjects with Duchenne muscular dystrophy: comparison of air stacking via a resuscitator bag versus mechanical ventilation. *Respir Care* 2016;61:61–7.
- [91] Senent C, Golmard JL, Salachas F, et al. A comparison of assisted cough techniques in stable patients with severe respiratory insufficiency due to amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler* 2011;12:26–32.
- [92] Marques TB, Neves Jde C, Portes LA, et al. Air stacking: effects on pulmonary function in patients with spinal muscular atrophy and in patients with congenital muscular dystrophy. *J Bras Pneumol* 2014;40:528–34.
- [93] Nygren-Bonnier M, Markström A, Lindholm P, et al. Glossopharyngeal pistoning for lung insufflation in children with spinal muscular atrophy type II. *Acta Paediatr* 2009;98:1324–8.
- [94] Sarmiento A, Resqueti V, Dourado-Júnior M, et al. Effects of air stacking maneuver on cough peak flow and chest wall compartmental volumes of subjects with amyotrophic lateral sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2017;98:2237–46 [e1].
- [95] Kang SW, Bach JR. Maximum insufflation capacity. *Chest* 2000;118:61–5.
- [96] Lacombe M, Del Amo Castrillo L, Boré A, et al. Comparison of three cough-augmentation techniques in neuromuscular patients: mechanical insufflation combined with manually assisted cough, insufflation-exsufflation alone and insufflation-exsufflation combined with manually assisted cough. *Respiration* 2014;88:215–22.
- [97] Hov B, Andersen T, Toussaint M, et al. Mechanically assisted cough strategies: user perspectives and cough flows in children with neurodisability. *ERJ Open Res* 2024;10:00274–2023.

- [98] Cesareo A, LoMauro A, Santi M, et al. Acute effects of mechanical insufflation–exsufflation on the breathing pattern in stable subjects with duchenne muscular dystrophy. *Respir Care* 2018;63:955–65.
- [99] Postiaux G. Chest physical therapy of the distal lung. Mechanical basis of a new paradigm. *Rev Mal Respir* 2014;31:552–67.
- [100] Herrero-Cortina B, Fernandez Cadenas A, Ríos Cortés AT, et al. Resistive inspiratory manoeuvre as airway clearance technique in stable patients with cystic fibrosis: a randomised crossover trial. *Eur Respir J* 2016;48:PA1364.
- [101] Chatham K, Ionescu AA, Nixon LS, et al. A short-term comparison of two methods of sputum expectoration in cystic fibrosis. *Eur Respir J* 2004;23:435–9.
- [102] Patterson JE, Bradley JM, Elborn JS. Airway clearance in bronchiectasis: a randomized crossover trial of active cycle of breathing techniques (incorporating postural drainage and vibration) versus test of incremental respiratory endurance. *Chron Respir Dis* 2004;1:127–30.
- [103] Naraparaju S, Vaishali K, Venkatesan P, et al. A comparison of the Acapella and a threshold inspiratory muscle trainer for sputum clearance in bronchiectasis – A pilot study. *Physiother Theory Pract* 2010;26:353–7.
- [104] Herry S. Technique insufflatoire de levée d’atélectasie (TILA) en réanimation néonatale. *Kinesithérapie* 2007;7:30–4.
- [105] Vargas F, Bui HN, Boyer A, et al. Intrapulmonary percussive ventilation in acute exacerbations of COPD patients with mild respiratory acidosis: a randomized controlled trial [SRCTN17802078]. *Crit Care* 2005;9:R382–9.
- [106] Nava S, Barbarito N, Piaggi G, et al. Physiological response to intrapulmonary percussive ventilation in stable COPD patients. *Respir Med* 2006;100:1526–33.
- [107] Alves LA, Pitta F, Brunetto AF. Performance analysis of the Flutter VRP1 under different flows and angles. *Respir Care* 2008;53:316–23.
- [108] Myers TR. Positive expiratory pressure and oscillatory positive expiratory pressure therapies. *Respir Care* 2007;52:1308–26 [discussion 27].
- [109] Van Fleet H, Dunn DK, McNinch NL, et al. Evaluation of functional characteristics of 4 oscillatory positive pressure devices in a simulated cystic fibrosis model. *Respir Care* 2017;62:451–8.
- [110] Barker R, Laverty AA, Hopkinson NS. Adjuncts for sputum clearance in COPD: clinical consensus versus actual use. *BMJ Open Respir Res* 2017;4:e000226.
- [111] Andrews J, Sathe NA, Krishnaswami S, et al. Nonpharmacologic airway clearance techniques in hospitalized patients: a systematic review. *Respir Care* 2013;58:2160–86.
- [112] Dwyer TJ, Zainuldin R, Daviskas E, et al. Effects of treadmill exercise versus Flutter(R) on respiratory flow and sputum properties in adults with cystic fibrosis: a randomised, controlled, cross-over trial. *BMC Pulm Med* 2017;17:14.
- [113] King M, Zidulka A, Phillips DM, et al. Tracheal mucus clearance in high-frequency oscillation: effect of peak flow rate bias. *Eur Respir J* 1990;3:6–13.
- [114] McIlwaine M, Bradley J, Elborn JS, et al. Personalising airway clearance in chronic lung disease. *Eur Respir Rev* 2017;26:160086.
- [115] Nicolini A, Grecchi B, Ferrari-Bravo M, et al. Safety and effectiveness of the high-frequency chest wall oscillation vs. intrapulmonary percussive ventilation in patients with severe COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2018;13:617–25.
- [116] Testa A, Galeri S, Villafane JH, et al. Efficacy of short-term intrapulmonary percussive ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Disabil Rehabil* 2015;37:899–903.
- [117] Antonaglia V, Lucangelo U, Zin WA, et al. Intrapulmonary percussive ventilation improves the outcome of patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease using a helmet. *Crit Care Med* 2006;34:2940–5.
- [118] Reardon CC, Christiansen D, Barnett ED, et al. Intrapulmonary percussive ventilation vs. incentive spirometry for children with neuromuscular disease. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2005;159:526–31.
- [119] Toussaint M, De Win H, Steens M, et al. Effect of intrapulmonary ventilation on mucus clearance in Duchenne muscular dystrophy patients: a preliminary report. *Respir Care* 2003;48:940–7.
- [120] Bidiwala A, Volpe L, Halaby C, et al. A comparison of high frequency chest wall oscillation and intrapulmonary percussive ventilation for airway clearance in pediatric patients with tracheostomy. *Postgrad Med* 2017;129:276–82.
- [121] Paneroni M, Clini E, Simonelli C, et al. Safety and efficacy of short-term intrapulmonary percussive ventilation in patients with bronchiectasis. *Respir Care* 2011;56:984–8.
- [122] Homnick DN, White F, de Castro C. Comparison of effects of an intrapulmonary percussive ventilator to standard aerosol and chest physiotherapy in treatment of cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 1995;20:50–5.
- [123] Natale JE, Pfeifle J, Homnick DN. Comparison of intrapulmonary percussive ventilation and chest physiotherapy. A pilot study in patients with cystic fibrosis. *Chest* 1994;105:1789–93.
- [124] Newhouse PA, White F, Marks JH, et al. The intrapulmonary percussive ventilator and flutter device compared to standard chest physiotherapy in patients with cystic fibrosis. *Clin Pediatr (Phila)* 1998;37:427–32.
- [125] Varekojis SM, Douce FH, Flucke RL, et al. A comparison of the therapeutic effectiveness of and preference for postural drainage and percussion, intrapulmonary percussive ventilation, and high-frequency chest wall compression in hospitalized cystic fibrosis patients. *Respir Care* 2003;48:24–8.
- [126] Dwyer TJ, Daviskas E, Zainuldin R, et al. Effects of exercise and airway clearance (positive expiratory pressure) on mucus clearance in cystic fibrosis: a randomised crossover trial. *Eur Respir J* 2019;53:1801793.
- [127] Mortensen J, Falk M, Groth S, et al. The effects of postural drainage and positive expiratory pressure physiotherapy on tracheobronchial clearance in cystic fibrosis. *Chest* 1991;100:1350–7.
- [128] Darbee JC, Ohtake PJ, Grant BJ, et al. Physiologic evidence for the efficacy of positive expiratory pressure as an airway clearance technique in patients with cystic fibrosis. *Phys Ther* 2004;84:524–37.
- [129] McIlwaine PM, Wong LT, Peacock D, et al. Long-term comparative trial of conventional postural drainage and percussion versus positive expiratory pressure physiotherapy in the treatment of cystic fibrosis. *J Pediatr* 1997;131:570–4.
- [130] Tyrrell JC, Hiller EJ, Martin J. Face mask physiotherapy in cystic fibrosis. *Arch Dis Child* 1986;61:598–600.
- [131] Steen HJ, Redmond AO, O’Neill D, et al. Evaluation of the PEP mask in cystic fibrosis. *Acta Paediatr Scand* 1991;80: 51–6.
- [132] Van Asperen PP, Jackson L, Hennessy P, et al. Comparison of a positive expiratory pressure (PEP) mask with postural drainage in patients with cystic fibrosis. *Aust Paediatr J* 1987;23:283–4.
- [133] Falk M, Kelstrup M, Andersen JB, et al. Improving the ketchup bottle method with positive expiratory pressure, PEP, in cystic fibrosis. *Eur J Respir Dis* 1984;65:423–32.
- [134] Lagerkvist AL, Sten GM, Redfors SB, et al. Immediate changes in blood-gas tensions during chest physiotherapy with positive expiratory pressure and oscillating positive expiratory pressure in patients with cystic fibrosis. *Respir Care* 2006;51:1154–61.

- [135] McIlwaine PM, Wong LT, Peacock D, et al. Long-term comparative trial of positive expiratory pressure versus oscillating positive expiratory pressure (flutter) physiotherapy in the treatment of cystic fibrosis. *J Pediatr* 2001;138:845–50.
- [136] Newbold ME, Tullis E, Corey M, et al. The Flutter device versus the PEP mask in the treatment of adults with cystic fibrosis. *Physiother Can* 2005;57:199–207.
- [137] van Winden CM, Visser A, Hop W, et al. Effects of flutter and PEP mask physiotherapy on symptoms and lung function in children with cystic fibrosis. *Eur Respir J* 1998;12:143–7.
- [138] Filipow N, Stanojevic S, Raywood E, et al. Real-world effectiveness of airway clearance techniques in children with cystic fibrosis. *Eur Respir J* 2023;62:2300522.
- [139] McIlwaine MP, Alarie N, Davidson GF, et al. Long-term multi-centre randomised controlled study of high frequency chest wall oscillation versus positive expiratory pressure mask in cystic fibrosis. *Thorax* 2013;68:746–51.
- [140] Oermann CM, Sockrider MM, Giles D, et al. Comparison of high-frequency chest wall oscillation and oscillating positive expiratory pressure in the home management of cystic fibrosis: a pilot study. *Pediatr Pulmonol* 2001;32:372–7.
- [141] Sontag MK, Quittner AL, Modi AC, et al. Lessons learned from a randomized trial of airway secretion clearance techniques in cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 2010;45:291–300.
- [142] Trimble A, Zeman K, Wu J, et al. Effect of airway clearance therapies on mucociliary clearance in adults with cystic fibrosis: a randomized controlled trial. *PLoS One* 2022;17:e0268622.
- [143] Rodriguez Hortal MC, Nygren-Bonnier M, Hjelte L. Non-invasive ventilation as airway clearance technique in cystic fibrosis. *Physiother Res Int* 2017;22.
- [144] Milne S, Eales C. A pilot study comparing two physiotherapy techniques in patients with cystic fibrosis. *S Afr J Physiother* 2004;60:3–6.
- [145] San Miguel-Pagola M, Reyhler G, Cebria IIMA, et al. Impact of hypertonic saline nebulisation combined with oscillatory positive expiratory pressure on sputum expectoration and related symptoms in cystic fibrosis: a randomised crossover trial. *Physiotherapy* 2020;107:243–51.
- [146] Radtke T, Boni L, Bohnacker P, et al. Acute effects of combined exercise and oscillatory positive expiratory pressure therapy on sputum properties and lung diffusing capacity in cystic fibrosis: a randomized, controlled, crossover trial. *BMC Pulm Med* 2018;18:99.
- [147] Braggion C, Cappelletti LM, Cornacchia M, et al. Short-term effects of three chest physiotherapy regimens in patients hospitalized for pulmonary exacerbations of cystic fibrosis: a cross-over randomized study. *Pediatr Pulmonol* 1995;19:16–22.
- [148] Gondor M, Nixon PA, Mutich R, et al. Comparison of Flutter device and chest physical therapy in the treatment of cystic fibrosis pulmonary exacerbation. *Pediatr Pulmonol* 1999;28:255–60.
- [149] Homnick DN, Anderson K, Marks JH. Comparison of the flutter device to standard chest physiotherapy in hospitalized patients with cystic fibrosis: a pilot study. *Chest* 1998;114:993–7.
- [150] Hofmeyr JL, Webber BA, Hodson ME. Evaluation of positive expiratory pressure as an adjunct to chest physiotherapy in the treatment of cystic fibrosis. *Thorax* 1986;41:951–4.
- [151] West K, Wallen M, Follett J. Acapella vs. PEP mask therapy: a randomised trial in children with cystic fibrosis during respiratory exacerbation. *Physiother Theory Pract* 2010;26:143–9.
- [152] Fainardi V, Longo F, Faverzani S, et al. Short-term effects of high-frequency chest compression and positive expiratory pressure in patients with cystic fibrosis. *J Clin Med Res* 2011;3:279–84.
- [153] Osadnik C, Stuart-Andrews C, Ellis S, et al. Positive expiratory pressure via mask does not improve ventilation inhomogeneity more than huffing and coughing in individuals with stable chronic obstructive pulmonary disease and chronic sputum expectoration. *Respiration* 2014;87:38–44.
- [154] Christensen EF, Dahl R. Treatment of chronic bronchitis with terbutaline inhaled from a cone spacer with and without positive expiratory pressure. *Lung* 1991;169:325–33.
- [155] Ozden G, Parlar Kilic S. Breathing better: a tech-monitored study of positive expiratory pressure and reading aloud for chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Nurs Pract* 2023;29:e13198.
- [156] Xu Z, Han Z, Ma D. Efficacy and safety of long-term use of a positive expiratory pressure device in chronic obstructive pulmonary disease patients, a randomized controlled trial. *BMC Pulm Med* 2023;23:17.
- [157] Ribeiro Fonseca Franco de Macedo J, Reyhler G, Poncin W, et al. Effects of the intermittent intrapulmonary deflation technique on expiratory flow limitation: an in vitro study. *J Clin Monit Comput* 2024;38:69–75.
- [158] Alghamdi SM, Alsulayyim AS, Alasmari AM, et al. Oscillatory positive expiratory pressure therapy in COPD (O-COPD): a randomised controlled trial. *Thorax* 2023;78:136–43.
- [159] Kaja R, Vaiyapuri A, Sirajudeen MS, et al. Biofeedback flutter device for managing the symptoms of patients with COPD. *Technol Health Care* 2020;28:477–85.
- [160] Nicolini A, Mascardi V, Grecchi B, et al. Comparison of effectiveness of temporary positive expiratory pressure versus oscillatory positive expiratory pressure in severe COPD patients. *Clin Respir J* 2018;12:1274–82.
- [161] Burudpakdee C, Seetasith A, Dunne P, et al. A real-world study of 30-day exacerbation outcomes in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients managed with Aerobika OPEP. *Pulm Ther* 2018;4:87–101.
- [162] Svenningsen S, Paulin GA, Sheikh K, et al. Oscillatory positive expiratory pressure in chronic obstructive pulmonary disease. *COPD* 2016;13:66–74.
- [163] Mascardi V, Grecchi B, Barlascini C, et al. Effectiveness of temporary positive expiratory pressure (T-PEP) at home and at hospital in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *J Thorac Dis* 2016;8:2895–902.
- [164] Nicolini A, Mollar E, Grecchi B, et al. Comparison of intermittent positive pressure breathing and temporary positive expiratory pressure in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Bronconeumol* 2014;50:18–24.
- [165] Bellone A, Spagnolatti L, Massobrio M, et al. Short-term effects of expiration under positive pressure in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and mild acidosis requiring non-invasive positive pressure ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:581–5.
- [166] Osadnik CR, McDonald CF, Miller BR, et al. The effect of positive expiratory pressure (PEP) therapy on symptoms, quality of life and incidence of re-exacerbation in patients with acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: a multicentre, randomised controlled trial. *Thorax* 2014;69:137–43.
- [167] Milan S, Bondalapati P, Megally M, et al. Positive expiratory pressure therapy with and without oscillation and hospital length of stay for acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2019;14:2553–61.
- [168] de Souza Simoni LH, Dos Santos DO, de Souza HCD, et al. Acute effects of oscillatory PEP and thoracic compression on secretion removal and impedance of the respiratory system in non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Respir Care* 2019;64:818–27.

- [169] Figueiredo PH, Zin WA, Guimaraes FS. Flutter valve improves respiratory mechanics and sputum production in patients with bronchiectasis. *Physiother Res Int* 2012;17:12–20.
- [170] Murray MP, Pentland JL, Hill AT. A randomised crossover trial of chest physiotherapy in non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Eur Respir J* 2009;34:1086–92.
- [171] Tambascio J, de Souza LT, Lisboa RM, et al. The influence of Flutter®VRP1 components on mucus transport of patients with bronchiectasis. *Respir Med* 2011;105:1316–21.
- [172] Tambascio J, de Souza HCD, Martinez R, et al. Effects of an airway clearance device on inflammation, bacteriology, and mucus transport in bronchiectasis. *Respir Care* 2017;62:1067–74.
- [173] Uzmezoglu B, Altıay G, Ozdemir L, et al. The efficacy of Flutter® and active cycle of breathing techniques in patients with bronchiectasis: a prospective, randomized, comparative study. *Turk Thorax J* 2018;19:103–9.
- [174] Ramos EM, Ramos D, Iyomasa DM, et al. Influence that oscillating positive expiratory pressure using predetermined expiratory pressures has on the viscosity and transportability of sputum in patients with bronchiectasis. *J Bras Pneumol* 2009;35:1190–7.
- [175] Silva YR, Greer TA, Morgan LC, et al. A comparison of 2 respiratory devices for sputum clearance in adults with non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Respir Care* 2017;62:1291–7.
- [176] Patterson JE, Hewitt O, Kent L, et al. Acapella versus 'usual airway clearance' during acute exacerbation in bronchiectasis: a randomized crossover trial. *Chron Respir Dis* 2007;4:67–74.
- [177] Walicka-Serzysko K, Postek M, Jeneralska N, et al. The effects of the addition of a new airway clearance device to chest physiotherapy in children with cystic fibrosis pulmonary exacerbations. *J Mother Child* 2021;24:16–24.
- [178] Chakravorty I, Chahal K, Austin G. A pilot study of the impact of high-frequency chest wall oscillation in chronic obstructive pulmonary disease patients with mucus hypersecretion. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2011;6:693–9.
- [179] Mahajan AK, Diette GB, Hatipoğlu U, et al. High frequency chest wall oscillation for asthma and chronic obstructive pulmonary disease exacerbations: a randomized sham-controlled clinical trial. *Respir Res* 2011;12:120.
- [180] Kempainen RR, Milla C, Dunitz J, et al. Comparison of settings used for high-frequency chest-wall compression in cystic fibrosis. *Respir Care* 2010;55:695–701.
- [181] Scherer TA, Barandun J, Martinez E, et al. Effect of high-frequency oral airway and chest wall oscillation and conventional chest physical therapy on expectoration in patients with stable cystic fibrosis. *Chest* 1998;113:1019–27.
- [182] Kluff J, Beker L, Castagnino M, et al. A comparison of bronchial drainage treatments in cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 1996;22:271–4.
- [183] Osman LP, Roughton M, Hodson ME, et al. Short-term comparative study of high frequency chest wall oscillation and European airway clearance techniques in patients with cystic fibrosis. *Thorax* 2010;65:196–200.
- [184] Grosse-Onnebrink J, Mellies U, Olivier M, et al. Chest physiotherapy can affect the lung clearance index in cystic fibrosis patients. *Pediatr Pulmonol* 2017;52:625–31.
- [185] Arens R, Gozal D, Omlin KJ, et al. Comparison of high frequency chest compression and conventional chest physiotherapy in hospitalized patients with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:1154–7.
- [186] Nicolini A, Cardini F, Landucci N, et al. Effectiveness of treatment with high-frequency chest wall oscillation in patients with bronchiectasis. *BMC Pulm Med* 2013;13:21.
- [187] Gokdemir Y, Karadag-Saygi E, Erdem E, et al. Comparison of conventional pulmonary rehabilitation and high-frequency chest wall oscillation in primary ciliary dyskinesia. *Pediatr Pulmonol* 2014;49:611–6.
- [188] Chaisson KM, Walsh S, Simmons Z, et al. A clinical pilot study: high frequency chest wall oscillation airway clearance in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler* 2006;7:107–11.
- [189] Lange DJ, Lechtzin N, Davey C, et al. High-frequency chest wall oscillation in ALS: an exploratory randomized, controlled trial. *Neurology* 2006;67:991–7.
- [190] Yuan N, Kane P, Shelton K, et al. Safety, tolerability, and efficacy of high-frequency chest wall oscillation in pediatric patients with cerebral palsy and neuromuscular diseases: an exploratory randomized controlled trial. *J Child Neurol* 2010;25:815–21.
- [191] Park H, Park J, Woo SY, et al. Effect of high-frequency chest wall oscillation on pulmonary function after pulmonary lobectomy for non-small cell lung cancer. *Crit Care Med* 2012;40:2583–9.
- [192] Esguerra-Gonzales A, Ilagan-Honorio M, Kehoe P, et al. Effect of high-frequency chest wall oscillation versus chest physiotherapy on lung function after lung transplant. *Appl Nurs Res* 2014;27:59–66.
- [193] Clinkscale D, Spihlman K, Watts P, et al. A randomized trial of conventional chest physical therapy versus high frequency chest wall compressions in intubated and non-intubated adults. *Respir Care* 2012;57:221–8.
- [194] Bilton D, Dodd ME, Abbot JV, et al. The benefits of exercise combined with physiotherapy in the treatment of adults with cystic fibrosis. *Respir Med* 1992;86:507–11.
- [195] Dwyer TJ, Alison JA, McKeough ZJ, et al. Effects of exercise on respiratory flow and sputum properties in patients with cystic fibrosis. *Chest* 2011;139:870–7.
- [196] Kriemler S, Radtke T, Christen G, et al. Short-term effect of different physical exercises and physiotherapy combinations on sputum expectoration, oxygen saturation, and lung function in young patients with cystic fibrosis. *Lung* 2016;194:659–64.
- [197] Zach MS, Purrer B, Oberwaldner B. Effect of swimming on forced expiration and sputum clearance in cystic fibrosis. *Lancet* 1981;2:1201–3.
- [198] Baldwin DR, Hill AL, Peckham DG, et al. Effect of addition of exercise to chest physiotherapy on sputum expectoration and lung function in adults with cystic fibrosis. *Respir Med* 1994;88:49–53.
- [199] Alexandrino AS, Santos R, Melo C, et al. Caregivers' education vs. rhinopharyngeal clearance in children with upper respiratory infections: impact on children's health outcomes. *Eur J Pediatr* 2017;176:1375–83.
- [200] Alexandrino AS, Santos R, Melo C, et al. Immediate effects of a rhino-pharyngeal clearance protocol in nasal obstruction and middle ear condition of children under 3 years of age with upper respiratory infections: a randomized controlled trial. *Acta Otorrinolaringol Esp (Engl Ed)* 2019;70:192–9.
- [201] Gomes GR, Calvete FP, Rosito GF, et al. Rhinopharyngeal retrograde clearance induces less respiratory effort and fewer adverse effects in comparison with nasopharyngeal aspiration in infants with acute viral bronchiolitis. *Respir Care* 2016;61:1613–9.
- [202] Pinto FR, Alexandrino AS, Correia-Costa L, et al. Ambulatory chest physiotherapy in mild-to-moderate acute bronchiolitis in children under two years of age – A randomized control trial. *Hong Kong Physiother J* 2021;41:99–108.
- [203] Schreiber S, Ronfani L, Ghirardo S, et al. Nasal irrigation with saline solution significantly improves oxygen saturation in infants with bronchiolitis. *Acta Paediatr* 2016;105:292–6.

- [204] Wang YH, Yang CP, Ku MS, et al. Efficacy of nasal irrigation in the treatment of acute sinusitis in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2009;73:1696–701.
- [205] Tugrul S, Dogan R, Eren SB, et al. The use of large volume low pressure nasal saline with fluticasone propionate for the treatment of pediatric acute rhinosinusitis. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2014;78:1393–9.
- [206] Satdhabudha A, Utispan K, Monthanapisut P, et al. A randomized controlled study comparing the efficacy of nasal saline irrigation devices in children with acute rhinosinusitis. *Asian Pac J Allergy Immunol* 2017;35:102–7.
- [207] Slapak I, Skoupá J, Strnad P, et al. Efficacy of isotonic nasal wash (seawater) in the treatment and prevention of rhinitis in children. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;134:67–74.
- [208] Low TH, Woods CM, Ullah S, et al. A double-blind randomized controlled trial of normal saline, lactated Ringer's, and hypertonic saline nasal irrigation solution after endoscopic sinus surgery. *Am J Rhinol Allergy* 2014;28:225–31.
- [209] Wormald PJ, Cain T, Oates L, et al. A comparative study of three methods of nasal irrigation. *Laryngoscope* 2004;114:2224–7.
- [210] Shoseyov D, Bibi H, Shai P, et al. Treatment with hypertonic saline versus normal saline nasal wash of pediatric chronic sinusitis. *J Allergy Clin Immunol* 1998;101:602–5.