

Yorschua Jalil<sup>1</sup>, L. Felipe Damiani<sup>1</sup>, Roque Basoalto<sup>1</sup>, María Consuelo Bachmann<sup>1</sup>, Alejandro Bruhn<sup>1</sup>

1. Departamento de Medicina Intensiva, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile - Santiago, Chile.

# Desvendando a técnica de compressão torácica em pacientes em ventilação mecânica: uma revisão narrativa

## RESUMO

O manejo deficiente das secreções é uma das complicações mais frequentes em pacientes em ventilação mecânica invasiva. A depuração das secreções por meio da fisioterapia respiratória é um aspecto crítico do tratamento desses pacientes. A compressão torácica manual é uma das técnicas de fisioterapia respiratória mais praticadas em pacientes ventilados, mas seu impacto nos desfechos clínicos permanece controverso devido a questões metodológicas e ao pouco conhecimento sobre sua ação. Nesta revisão, apresenta-se uma análise detalhada dos princípios físicos envolvidos na execução da técnica de compressão torácica. Também investigam-se os efeitos fisiológicos observados em estudos experimentais e clínicos, que mostram que o uso de compressão torácica curta e

vigorosa, baseada no aumento de fluxos expiratórios (diferença de fluxo aéreo inspiratório-expiratório > 33L/minuto), pode melhorar o movimento do muco em direção à glote. Por outro lado, o uso de compressão torácica suave e gradual ao longo de toda a fase expiratória não afeta os fluxos expiratórios, resultando em efeitos ineficazes ou indesejados em alguns casos. Mais estudos fisiológicos são necessários para entender os princípios da técnica de compressão torácica em pacientes ventilados. No entanto, de acordo com as evidências, a compressão torácica tem mais benefícios potenciais do que riscos, o que incentiva sua implementação.

**Descritores:** Modalidades de fisioterapia; Respiração artificial; Cuidados intensivos; Terapia respiratória; Depuração mucociliar; Caixa torácica; Pressão

## INTRODUÇÃO

Pacientes em ventilação mecânica invasiva apresentam risco de diversas complicações respiratórias, entre as quais se destaca a retenção de secreções.<sup>(1-3)</sup> Em termos clínicos, o acúmulo de secreções pode causar obstrução brônquica e piora das trocas gasosas e, em alguns casos críticos, afetar o desempenho do suporte ventilatório,<sup>(4,5)</sup> o que resulta em maior tempo de ventilação mecânica (VM) e maior mortalidade.<sup>(6-8)</sup>

O tubo endotraqueal inserido na via aérea pode afetar gravemente o transporte mucociliar, aumentando o volume e a viscosidade das secreções, além de predispor o paciente a infecções respiratórias.<sup>(1,3,9)</sup> Além disso, a umidificação inadequada e o uso de determinados modos ventilatórios e padrões assimétricos de fluxo aéreo podem contribuir para o acúmulo de secreções.<sup>(2,10,11)</sup> Ainda, a imobilidade desses pacientes, o uso de sedativos e a fraqueza muscular geral, principalmente da musculatura respiratória, podem prejudicar o mecanismo da tosse.<sup>(12-14)</sup>

O manejo das secreções é um aspecto crítico do tratamento de pacientes ventilados mecanicamente. As técnicas padronizadas de rotina para gerenciar e combater esse problema incluem umidificação adequada das vias aéreas, aspiração endotraqueal (AET) e mobilização física precoce. No entanto, quando esses métodos falham pela

**Conflitos de interesse:** Nenhum.

Submetido em 1 de Novembro de 2020  
Aceito em 30 de Maio de 2021

### Autor correspondente:

Autor correspondente:

Yorschua Jalil

Departamento de Medicina Intensiva, Facultad de Medicina

Pontificia Universidad Católica de Chile

Av. Libertador Bernardo O'Higgins, 340

Santiago 8331150

Chile

E-mail: yjalilcontreras@gmail.com

**Editor responsável:** Felipe Dal-Pizzol

**DOI:** 10.5935/0103-507X.20220012-pt



quantidade profusa de muco ou pela alocação periférica, a fisioterapia respiratória (FR) pode ser realizada por meio de dispositivos mecânicos e/ou técnicas manuais.<sup>(8,15-17)</sup> A FR convencional é amplamente utilizada porque não requer nenhum dispositivo, não precisa desconectar o paciente do ventilador e é mais barata.<sup>(8,18)</sup> Ela inclui percussão manual, drenagem postural e compressão torácica (CT), sendo esta última uma das técnicas de FR mais praticadas em pacientes ventilados.<sup>(19)</sup> No entanto, o impacto da técnica nos desfechos clínicos permanece controverso devido a questões metodológicas e ao pouco conhecimento sobre sua ação.<sup>(17,19)</sup> Nesta revisão, objetivou-se descrever, de forma abrangente, os princípios físicos da técnica de CT, bem como seus efeitos fisiológicos em estudos experimentais e clínicos.

### Técnica de compressão torácica

De acordo com a literatura, a CT também é chamada de compressão manual do tórax ou squeezing,<sup>(20,21)</sup> e sua definição varia. Em linhas gerais, a técnica consiste na compressão da parede torácica no início da fase expiratória e visa simular a fase final da tosse, isto é, a manobra expulsiva.<sup>(20)</sup>

A CT busca promover maior compressão do ar durante a expiração, aumentando o fluxo expiratório e o deslocamento das secreções em direção à traqueia, de onde podem ser removidas por tosse ou aspiração traqueal.<sup>(20,22-24)</sup> Tradicionalmente, aplica-se a força manual somente no tórax, com colocação bilateral das mãos no terço inferior do tórax.<sup>(20,21,25)</sup> Por um curto período (isto é, 1 ou 2 segundos), o operador utiliza as duas mãos para comprimir a caixa torácica durante a expiração, tentando incluir a região pulmonar mais afetada.<sup>(23)</sup>

A CT é realizada por enfermeiros e fisioterapeutas. Alguns estudos descrevem a aplicação de uma “compressão gradual”, enquanto outros descrevem uma “compressão vigorosa ou brusca” da caixa torácica, com diferentes desfechos clínicos.<sup>(21,23,25,26)</sup> Essas características técnicas podem influenciar o desempenho da CT e seu impacto clínico.

As primeiras ideias sobre o funcionamento da CT datam da década de 1950, quando Opie et al. apresentaram a hipótese de que a compressão local do tórax gera um efeito de “pasta de dente” ao espremer o material retido através do brônquio.<sup>(27)</sup> Os mecanismos envolvidos nesse fenômeno chamaram a atenção de outros cientistas, o que avançou o entendimento sobre como funciona a camada de muco e quais estratégias terapêuticas poderiam melhorar essa função.

### Princípios físicos da depuração das vias aéreas

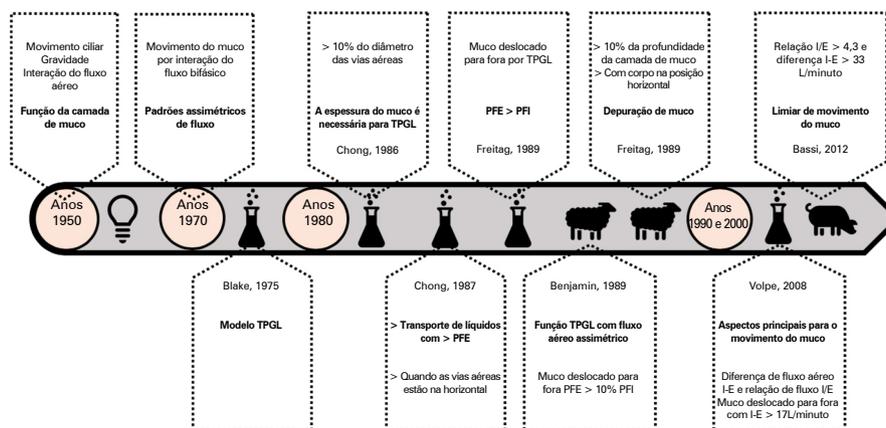
Três fatores principais parecem ser fundamentais no transporte das secreções: movimento ciliar, gravidade e interação com o fluxo aéreo.<sup>(28)</sup> Esses dois últimos fatores são

especialmente importantes nas primeiras gerações da árvore brônquica e na traqueia.<sup>(28)</sup> A interação entre o movimento das secreções e o fluxo aéreo é explicada, em essência, por um modelo de fluxo bifásico líquido-gás (TPGL - *two-phase gas-liquid*).<sup>(29,30)</sup> O movimento do muco (fase líquida) originado do estresse do fluxo aéreo (fase gasosa) sobre sua superfície é comparável ao obtido pela gravidade e pelo movimento ciliar, sugerindo que perfis assimétricos de fluxo aéreo são responsáveis pelo deslocamento do muco para fora.<sup>(28,31)</sup>

### Estudos *in vitro*

O transporte da camada de muco nas vias aéreas respiratórias pelo mecanismo de TPGL tem sido estudado sob diferentes condições (Figura 1). Kim et al. utilizaram um modelo de tubo vertical para mostrar que é necessária uma espessura crítica para realizar o transporte do muco pela interação do fluxo aéreo. Nesse experimento, os autores constataram que uma camada fina de muco com menos de 10% do diâmetro do tubo não poderia ser efetivamente transportada pelo mecanismo de TPGL, o que parece ter pouca relevância para situações de estado pulmonar normal *in vivo*, em que a camada de muco costuma ser extremamente fina. No entanto, a taxa de produção de muco tende a ser mais alta na doença e, muitas vezes, ultrapassa várias centenas de mililitros, resultando frequentemente em acúmulo substancial de muco e, conseqüente, em ocupação de cerca de 5% a 20% do diâmetro das vias aéreas. Além disso, o tubo vertical representa a pior condição para o deslocamento da camada de muco e está distante do cenário clínico em que os pacientes estão em posição semirreclinada.<sup>(32)</sup> As vias aéreas geralmente são inclinadas, e as direções do fluxo cefálico em muitos ramos das vias aéreas são até mesmo descendentes, sendo essa uma condição mais favorável para o transporte do muco que pode ser alcançada *in vivo*. No entanto, deve-se reconhecer que esse modelo experimental não simula de perto a natureza complexa do fluxo das vias aéreas *in vivo*, em que muitos fatores precisam ser extrapolados com cautela.<sup>(32)</sup>

Em outro relato, Kim et al. estudaram o impacto de padrões assimétricos de fluxo aéreo no transporte do muco quando o tubo foi colocado na vertical ou na horizontal. Eles constataram que a velocidade de transporte da camada líquida aumentou com maiores picos de fluxo expiratório (PFEs), mas a taxa de fluxo inspiratório, a frequência respiratória e o volume corrente não tiveram impacto. No tubo vertical, o transporte ascendente de muco não pôde ser realizado com PFE inferior a 30L/minuto. Sob condições semelhantes, no tubo horizontal, a velocidade de transporte do muco foi de 5% a 60% mais rápida. Entretanto, em valores mais elevados de PFE, a velocidade de transporte do muco na posição vertical foi comparável à alcançada na posição horizontal.<sup>(29)</sup> Esses resultados sugerem que um padrão de fluxo com PFE maior do que o inspiratório deve ser obtido para se observar o deslocamento do muco para fora por interação líquido-gás. Esse fenômeno é estritamente



**Figura 1** - Linha do tempo dos princípios físicos da depuração das vias aéreas.

TPGL - fluxo bifásico líquido-gás; PFE - pico de fluxo expiratório; PFI - pico de fluxo inspiratório; I/E - fluxo inspiratório e expiratório.

físico e ocorre independentemente de situações *in vivo* ou *in vitro* se os requisitos básicos forem atendidos, isto é, se houver quantidade suficiente de muco e padrão assimétrico de fluxo aéreo favorecendo um fluxo expiratório.<sup>(33)</sup>

Volpe et al. utilizaram um sistema pulmonar de teste e demonstraram que a proporção entre a relação entre fluxo inspiratório e expiratório (I/E) e a diferença entre fluxo inspiratório e expiratório (I-E) foram importantes para o movimento do muco. No entanto, a I-E mostrou uma correlação mais forte com o deslocamento do muco de diferentes viscosidades; I-E > 17L/minuto parece ser um limiar para alteração da direção do movimento do muco para a boca.<sup>(34)</sup>

### Estudos *in vivo*

Benjamin et al. desenvolveram um modelo animal com ovelhas conectadas à VM usando os três seguintes ajustes: proporção entre tempo inspiratório e tempo total (Ti/Tt) de aproximadamente 0,27, 0,65 e 0,75. Eles constataram movimento do muco para fora com as duas últimas configurações. De acordo com esse achado, o muco se moverá quando o tempo expiratório for menor que o tempo inspiratório. Isso se baseia na velocidade do fluxo expiratório, que precisa ser maior para expelir a mesma quantidade de volume de ar que entrou durante a inspiração. Eles observaram que o deslocamento do muco permaneceu inalterado quando o pico de fluxo inspiratório diferiu em menos de 10% do PFE. O fluxo aéreo assimétrico encontrado na respiração gera velocidades de fluxo desiguais e forças de cisalhamento também desiguais em direções opostas; portanto, a camada líquida se move de acordo com a diferença de velocidade do fluxo aéreo entre as duas fases, e não apenas com base no PFE.<sup>(35)</sup>

Freitag et al. ventilaram animais usando os dois ajustes de VM a seguir: *flow bias* expiratório (PFE 3,8L/segundo e pico de fluxo inspiratório 1,3L/segundo) e *flow bias* inspiratório (PFE 1,3L/segundo e pico de fluxo inspiratório 3,8L/segundo). Foram avaliadas diferentes posições corporais (horizontal, decúbito ventral, decúbito lateral e decúbito inclinado com rebaixamento da cabeça). Na posição horizontal, a depuração do muco com *flow bias* expiratório aumentou significativamente em comparação com o *flow bias* inspiratório, no qual não ocorreu depuração mesmo durante o decúbito inclinado com rebaixamento da cabeça. Essa observação sugere que o *flow bias* expiratório pode ser o fator dominante na depuração do muco, que pode ser aumentado pela drenagem postural.<sup>(36)</sup> Outro achado interessante foi que, devido à superfície irregular da traqueia, a profundidade mínima da camada de muco necessária para o transporte de TPGL *in vivo* é muito maior do que a prevista pelos modelos de tubo, sugerindo que condições semelhantes são necessárias em seres humanos intubados.<sup>(36)</sup>

Li Bassi et al. conduziram um estudo prospectivo randomizado para avaliar os efeitos dos ciclos de trabalho e da pressão positiva expiratória final (PEEP - *positive end-expiratory pressure*) na depuração do muco em suínos ventilados. Seis níveis de ciclo de trabalho foram administrados (Ti/Tt; 0,26, 0,33, 0,41, 0,50, 0,60 e 0,75) com zero ou 5cmH<sub>2</sub>O de PEEP. Os leitões foram orientados em posição semirreclinada, simulando a prática clínica usual. Não foi constatado efeito da PEEP, mas, como o ciclo de trabalho foi prolongado (menor tempo total; mesmo volume de gás inspirado tem menor tempo para ser exalado), foi observada tendência de aumento da velocidade de transporte do muco para fora. Nesse contexto, propõe-se um ciclo de trabalho > 0,41 como limiar, uma vez que um aumento da diferença de *flow bias* I-E média foi associado a um aumento da velocidade do movimento do muco para fora.<sup>(37)</sup>

## Impacto da compressão torácica

### Estudos experimentais

Considerando os mecanismos físicos de depuração das vias aéreas, o efeito da CT parece depender da magnitude de fluxo da I-E, da posição das vias aéreas, da viscosidade do muco e de sua localização na árvore brônquica.

Unoki et al. estudaram os efeitos da CT e/ou do decúbito ventral nas trocas gasosas em coelhos ventilados mecanicamente com atelectasia pulmonar.<sup>(21)</sup> Os animais foram alocados em um dos quatro grupos a seguir: decúbito dorsal sem CT, decúbito dorsal com CT, decúbito ventral sem CT e decúbito ventral com CT. O grupo CT não apresentou melhora prolongada em oxigenação, complacência dinâmica ou produção de muco.<sup>(21)</sup> A viscosidade relativamente alta do muco e a técnica inadequada de CT podem explicar o efeito indesejado no transporte do muco. A CT foi descrita como uma compressão gradual até o final da expiração, que foi aplicada por somente um operador que utilizou a pressão aplicada na caixa torácica como indicador de desempenho da técnica; no entanto, não foi dada atenção à magnitude do fluxo aéreo, seu principal determinante. As unidades pulmonares colapsadas, como parte do modelo de atelectasia, podem não ser recrutadas. Isso afeta o volume pulmonar e assim prejudica o fluxo expiratório potencial, que é necessário para remover os tampões de muco nas vias aéreas e aumentar a pressão transpulmonar, causando um ciclo vicioso de danos aos pulmões e afetando sua mecânica.<sup>(21)</sup> Em outro estudo com métodos semelhantes, Unoki et al. avaliaram os efeitos da CT “gradual” com e sem AET sobre trocas gasosas, complacência dinâmica e depuração de muco. Os autores observaram que as trocas gasosas e a complacência nos grupos com CT foram significativamente piores do que naqueles sem CT. Além disso, não foram encontradas diferenças no peso do muco aspirado entre os grupos, e os autores concluíram que o colapso alveolar e das vias aéreas provavelmente foi exacerbado pela CT.<sup>(38)</sup> Não obstante, é preciso considerar que a CT foi aplicada com PEEP zero para evitar os efeitos da PEEP no fluxo expiratório durante a CT.

Em contraste com evidências anteriores, Martí et al. testaram o efeito de CT brusca e curta (com fase expiratória precoce) e CT suave e gradual (aplicada durante a fase expiratória tardia) sobre o fluxo expiratório e a depuração de muco em suínos ventilados mecanicamente.<sup>(26)</sup> O fluxo expiratório médio aumentou significativamente com a CT brusca em comparação com a CT suave. Durante a CT brusca, o muco moveu-se em direção à glote, enquanto a aplicação de CT suave ou de nenhuma intervenção moveu o muco em direção aos pulmões. Além disso, os autores mostraram que a CT suave, que é realizada a partir do volume pulmonar médio-baixo (fase expiratória média), piorou discretamente a elastância pulmonar estática e a

recíproca da complacência, em parte devido à diminuição dos níveis de PEEP decorrente da compressão prolongada em busca do fluxo final zero e, conseqüentemente, do tempo expiratório prolongado.<sup>(26)</sup> Esses achados corroboram o papel predominante do fluxo expiratório na depuração do muco, evidenciando que sua mensuração é um aspecto crítico para o desempenho. Ouchi et al. constataram que o PFE médio durante a CT brusca aumentou em comparação com nenhum tratamento e que, combinada com a AET, a CT aumentou a depuração do muco em comparação com a AET isolada. No entanto, não foi observada melhora nas trocas gasosas.<sup>(39)</sup>

A técnica de CT parece ser fundamental para determinar os efeitos sobre o movimento das secreções. A CT brusca compartilha semelhanças com a técnica de expiração forçada, ou *huffing*, que foi originalmente concebida para aumentar rapidamente a taxa de fluxo expiratório de volumes pulmonares médios a baixos.<sup>(26,40)</sup> Por outro lado, a CT suave e gradual é comparável à técnica de expiração lenta prolongada, que é aplicada durante a fase tardia da expiração até o volume residual, para melhorar a interação do fluxo aéreo expiratório com a camada de muco, especificamente dentro da porção distal mais estreita das vias aéreas.<sup>(26,41,42)</sup> No entanto, nos pulmões afetados, a compressão excessiva ao longo de toda a fase expiratória pode prejudicar o volume pulmonar residual, o que explica alguns dos achados negativos em relação à remoção de muco e complacência quando a CT suave é aplicada.

### Estudos clínicos

O impacto da CT em diferentes desfechos clínicos tem sido estudado sob diversas condições. Fatores como tipo de técnica de CT, fluxo aéreo expiratório e ajuste do ventilador parecem ter um papel fundamental. A tabela 1 resume as evidências clínicas sobre esses tópicos, com foco em ensaios clínicos, uma vez que essa abordagem oferece maior nível de certeza do ponto de vista intervencionista.

Unoky et al. estudaram os efeitos da CT na remoção de secreções das vias aéreas, oxigenação e ventilação em 31 pacientes ventilados mecanicamente que foram randomizados para AET com ou sem CT. O fluxo aéreo não foi mensurado nenhuma vez durante a CT, que foi realizada por enfermeiras treinadas que usaram ambas as mãos para comprimir gradualmente a caixa torácica durante a expiração. Não houve diferenças significativas em termos de troca gasosa, complacência dinâmica ou remoção de secreções.<sup>(25)</sup> Em contrapartida, em contexto semelhante, mas utilizando CT vigorosa, Avena et al. demonstraram diminuição significativa nas resistências pulmonar e das vias aéreas após CT e AET, bem como aumento na saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) em comparação

**Tabela 1** - Evidências clínicas sobre compressão torácica

Autor	Desenho do estudo	População	Característica da CT	Resultados relativos à CT	Limitações
Avena et al. <sup>(20)</sup>	Estudo prospectivo randomizado	16 pacientes ventilados mecanicamente	CT brusca e curta	Sem diferenças para pico de pressão inspiratória, pressão de platô, complacência dinâmica ou estática Diminuição da resistência pulmonar e das vias aéreas, bem como aumento da saturação de oxigênio	Não foram relatados: medida de fluxo aéreo, volume de secreções ou relação entre ajuste ventilatório e CT
Unoki et al. <sup>(21)</sup>	Estudo prospectivo randomizado	40 coelhos ventilados mecanicamente com atelectasia induzida	CT suave e gradual	Nenhuma melhora em oxigenação, complacência dinâmica ou produção de muco	Sem medida de fluxo aéreo
Kohan et al. <sup>(23)</sup>	Ensaio randomizado cruzado	70 pacientes ventilados mecanicamente	CT suave e gradual	A troca gasosa foi significativamente diferente em relação ao início do estudo A CT resultou em melhora significativa na oxigenação	As fisiopatologias respiratórias dos pacientes não foram uniformes
Bousarri et al. <sup>(24)</sup>	Ensaio randomizado cruzado	50 pacientes ventilados mecanicamente	CT suave e gradual	Aumento dos sinais vitais dentro da faixa de normalidade	Não foi relatada nenhuma limitação ou complicação
Unoki et al. <sup>(25)</sup>	Ensaio randomizado cruzado	31 pacientes ventilados mecanicamente	CT suave e gradual	Sem diferenças significativas para troca gasosa, complacência dinâmica e remoção de secreções	A fisiopatologia respiratória dos pacientes que levou à ventilação mecânica não foi uniforme
Martí et al. <sup>(26)</sup>	Estudo prospectivo randomizado	9 suínos ventilados mecanicamente	CT brusca e curta CT suave e gradual	Com CT brusca, houve maior fluxo expiratório médio e muco se deslocou em direção à glote Com CT suave, muco se deslocou em direção aos pulmões	As intervenções foram conduzidas por somente um fisioterapeuta respiratório
Unoki et al. <sup>(38)</sup>	Estudo prospectivo randomizado	24 coelhos ventilados mecanicamente com atelectasia induzida	CT brusca e curta	Oxigenação, ventilação e complacência foram significativamente piores Sem diferenças significativas no peso do muco artificial aspirado	Foi adicionada à CT uma intervenção de PEEP zero Diferenças anatômicas e fisiológicas entre coelhos e humanos
Ouchi et al. <sup>(39)</sup>	Estudo prospectivo randomizado	15 suínos ventilados mecanicamente com atelectasia induzida	Hard and brief RCC	Maior pico de fluxo expiratório e remoção de muco Sem melhora em trocas gasosas ou achados radiológicos	O diagnóstico de atelectasia pode não ter tido sensibilidade ideal
Guimarães et al. <sup>(43)</sup>	Ensaio randomizado cruzado	20 pacientes ventilados mecanicamente com infecção pulmonar	CT suave e gradual (nenhuma explicação)	34,4% mais secreções eliminadas Sem diferenças para complacência estática ou efetiva, resistência total ou inicial PFE e fluxo expiratório a 30% do volume corrente expiratório aumentaram significativamente	O tamanho do efeito foi pequeno para remoção de secreções e complacência, e insignificante para resistência Seis indivíduos apresentaram limitação ao fluxo expiratório
Gonçalves et al. <sup>(44)</sup>	Ensaio randomizado cruzado	30 pacientes ventilados mecanicamente	CT brusca e curta (nenhuma explicação)	Mais secreções foram removidas Sem diferença para troca gasosa ou mecânica pulmonar	Não foi fornecida informação detalhada sobre intervenção e número de indivíduos em cada grupo de análise

CT - compressão torácica; PEEP - pressão positiva expiratória final; PFE - pico de fluxo expiratório.

com AET isolada. No entanto, não foram observadas diferenças no pico inspiratório de pressão (PIP), na pressão de platô (Pplat) ou na complacência dinâmica ou estática (Cest).<sup>(20)</sup> Esses resultados clínicos animadores apoiam o uso de uma técnica segura e eficiente para essa população. Infelizmente, não houve relato sobre medida de fluxo aéreo, volume de secreções e relação entre ajuste ventilatório e CT, apesar das evidências significativas sobre a relevância desses fatores.<sup>(2,11,34)</sup>

Um estudo randomizado cruzado realizado por Sixel et al. avaliou os efeitos mecânicos e de remoção de escarro

da CT em comparação com a intervenção de controle em 20 pacientes ventilados com infecção pulmonar. Eles constataram que a CT removeu 34,4% mais secreções do que o controle e que não houve diferenças após a intervenção em termos de Cest, complacência efetiva (Cef), resistência total (Rtot) e resistência inicial (Rinic). No entanto, o tamanho do efeito foi pequeno para remoção de secreções, Cest e Cef e insignificante para Rtot e Rinic, o que limita a interpretação clínica desses achados.<sup>(43)</sup> Durante a CT, o PFE e o fluxo expiratório a 30% do volume corrente expiratório aumentaram significativamente (16,2L/minuto e 25,3L/

minuto, respectivamente) em comparação com o controle, o que é uma característica importante, mas não tão crítica quanto a diferença de fluxo aéreo I-E. Considerando que o fluxo inspiratório foi fixado em 60L/minuto e o PFE basal foi de  $43,6 \pm 17,5$ , que aumentou com CT para  $59,6 \pm 18,3$ , uma magnitude I-E  $< 17L/minuto$  foi obtida na maioria dos pacientes, bem abaixo do limiar mencionado anteriormente para deslocar o muco de forma efetiva. Infelizmente, não foram fornecidos detalhes técnicos da CT aplicada, durante a qual seis indivíduos apresentaram limitação ao fluxo expiratório (LFE).<sup>(43)</sup> Como comentaram Martí et al., diante desses efeitos colaterais, é possível que as compressões tenham sido aplicadas durante toda a fase expiratória, o que favorece esse fenômeno.<sup>(45)</sup> Martí et al. relataram uma perda transitória de PEEP de aproximadamente  $3\text{cmH}_2\text{O}$  associada à compressão prolongada, reforçando a noção de que fatores críticos, incluindo características da técnica, devem ser considerados.<sup>(45)</sup>

Alguns estudos avaliaram os efeitos da CT antes da AET em termos de gases sanguíneos e sinais vitais. Kohan et al. mostraram que a troca gasosa em 25 minutos após CT ou AET isolada foi significativamente diferente em relação ao início do estudo. Curiosamente, ao comparar CT e AET isolada, eles constataram que a primeira causou melhora significativa na oxigenação.<sup>(23)</sup> Em um estudo semelhante, Bousarri et al. demonstraram que os sinais vitais durante a AET com CT permaneceram dentro da faixa de normalidade.<sup>(24)</sup> Nos dois estudos, foi aplicada CT gradual e não foram relatados eventos ou sinais de limitação ao fluxo.

Gonçalves et al. conduziram um ensaio clínico randomizado cruzado com 30 indivíduos em VM controlada que foram randomizados para controle (placebo e AET) ou CT e classificados em Grupo sem Secreção (GSS; £ 2g) e Grupo com Secreção (GCS;  $^3$  2g).<sup>(44)</sup> Os autores observaram que mais secreções foram removidas com a CT. Nenhuma diferença foi encontrada para troca gasosa ou mecânica pulmonar entre os grupos, exceto por uma discreta melhora na complacência estática no GCS que recebeu CT.<sup>(44)</sup> Parece possível, de acordo com os princípios físicos descritos, que a proporção de vias aéreas com secreções e a viscosidade das secreções possam afetar a resposta ideal à CT em alguns pacientes, o que é de grande importância clínica para a decisão sobre quais pacientes podem ser responsivos à CT.

### Compressão torácica potencializada

Uma versão alternativa da técnica de CT também pode ser empregada em cenários especiais. Alguns autores descrevem o uso da compressão abdominal (de forma cefálica) simultaneamente à CT para simular o movimento normal do diafragma durante a tosse, controlando de modo mais eficiente a pressão intra-abdominal.<sup>(20,46,47)</sup> Isso

foi relatado principalmente em pacientes com doenças neuromusculares ou com uma condição resultante em fraqueza muscular abdominal (isto é, pacientes sedados/paralisados recebendo VM na unidade de terapia intensiva).<sup>(46,47)</sup> No entanto, em pacientes que necessitam de VM controlada, a aplicação de compressão abdominotorácica não resultou em diferenças no aumento do PFE em relação à CT isolada.<sup>(48)</sup>

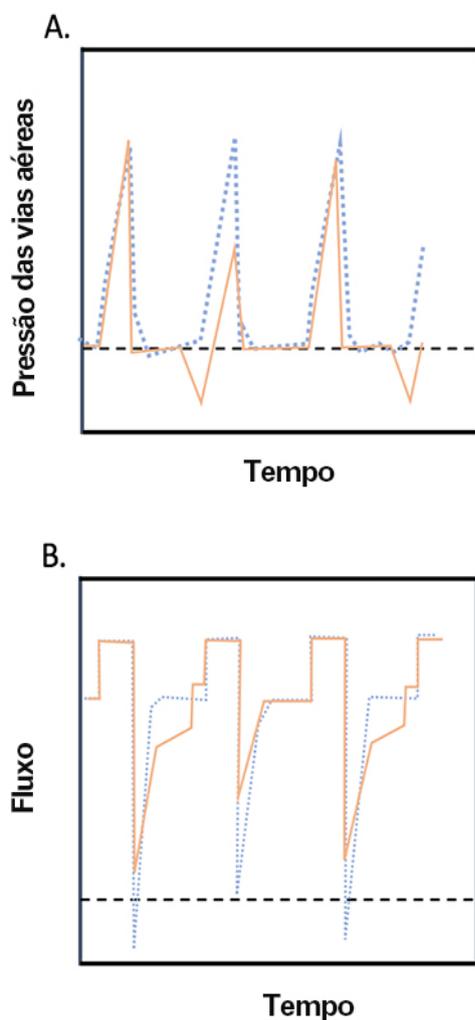
Outra manobra intimamente relacionada à CT é a PEEP-pressão expiratória final zero (PEEP-ZEEP). Teoricamente, quando a PEEP se eleva, o gás é redistribuído por meio da ventilação colateral, atingindo, portanto, alvéolos adjacentes previamente colapsados pelo muco. Essa redistribuição favorece a reabertura das pequenas vias aéreas, removendo o muco aderido às suas paredes. Em uma fase subsequente da técnica, quando a PEEP é reduzida para  $0\text{cmH}_2\text{O}$ , o padrão de fluxo expiratório é alterado, o que auxilia no transporte das secreções das vias aéreas periféricas para as centrais.<sup>(49)</sup> Em um estudo cruzado comparando os efeitos da CT com a manobra PEEP-ZEEP em pacientes ventilados, Santos et al. constataram que ambas as intervenções tiveram efeitos clínicos positivos no volume corrente e na complacência estática e dinâmica, sem diferenças entre os grupos, exceto para oxigenação ( $\text{SpO}_2$ ), que foi favorável ao grupo CT.<sup>(49)</sup> Lobo et al. compararam a PEEP-ZEEP mais vibrocompressão (não apenas CT) com a *bag squeezing* (hiperinsuflação manual) e mostraram que as duas técnicas são semelhantes quanto à remoção de secreções brônquicas e alterações hemodinâmicas durante o uso.<sup>(50)</sup> Em um estudo semelhante, Oliveira et al. relataram que a manobra PEEP-ZEEP sem CT foi suficiente para ultrapassar a diferença de fluxo aéreo I-E de 33L/minuto (limiar de movimento de secreções). No entanto, na CT com PEEP-ZEEP, essa diferença aumentou em  $6,7 \pm 3,4L/minuto$ , o que poderia melhorar seu potencial de remoção de secreções.<sup>(51)</sup>

Até o momento, essas técnicas mistas são viáveis e podem potencializar o efeito da CT isolada, mas o nível de evidência permanece baixo.

### Síntese

Borges et al. publicaram em 2017 uma revisão sistemática com metanálise sobre CT expiratória em adultos ventilados mecanicamente e concluíram que faltam evidências que sustentassem o uso dessa técnica na rotina de cuidados.<sup>(52)</sup> Eles incluíram três estudos na análise final: Unoki et al.,<sup>(25)</sup> Bousarri et al.<sup>(24)</sup> e Santos et al.<sup>(49)</sup> Todos eles foram discutidos na presente revisão e apresentaram diferentes medidas de desfecho e características da técnica de CT. Sabe-se que as evidências são heterogêneas, provavelmente porque a natureza dessa intervenção é complexa e pelo fato de estar geralmente inserida em uma terapia multimodal de FR, na qual os mecanismos envolvidos ainda

não estão completamente elucidados. Em uma revisão narrativa sobre FR em pacientes ventilados mecanicamente, Spapen et al. apontaram que a CT se sustenta melhor na experiência clínica experimental e preliminar.<sup>(19)</sup> A análise detalhada apresentada nesta revisão, que vai desde os princípios físicos de ação, testes *in vitro* e modelos animais até a implementação em seres humanos, sustenta o uso de CT curta e vigorosa como técnica de depuração das vias aéreas baseada no deslocamento do muco pelo aumento dos fluxos expiratórios (diferença de fluxo aéreo I-E). Por outro lado, a CT suave e gradual ao longo de todo o ciclo expiratório não melhora o PFE ou a produção de muco e pode estar relacionada à diminuição da PEEP e à limitação ao fluxo aéreo como efeito indesejado (Figura 2). No entanto, ensaios clínicos comparando diretamente essas duas intervenções são necessários para apoiar essa abordagem.



**Figura 2** - Representação da compressão torácica brusca versus suave. (A) A linha pontilhada preta indica o nível de fluxo inspiratório e expiratório. (B) Curva de fluxo aéreo/tempo.

A linha pontilhada preta indica fluxo aéreo sem tratamento. A linha pontilhada azul indica compressão torácica brusca e a vermelha indica compressão torácica suave.

## COMENTÁRIOS FINAIS

Os limiares para que o deslocamento das secreções ocorra na direção correta foram claramente estabelecidos e, portanto, devem ser buscados ativamente por meio da monitorização do ventilador mecânico pelos ciclos de tempo, valores de pico de fluxo e tendências gráficas, para orientar a implementação adequada da CT. No entanto, fatores como a viscosidade das secreções e a taxa de ocupação do lúmen traqueal infelizmente ainda permanecem indefinidos para avaliação na prática clínica. A CT pode ser potencializada por outras manobras, como PEEP-ZEEP e compressão abdominal; entretanto, mais estudos devem ser realizados para justificar sua inclusão na rotina de cuidados respiratórios de pacientes com suporte ventilatório. Não há dúvida de que mais estudos fisiológicos são necessários para compreender melhor os mecanismos envolvidos na técnica de CT em seres humanos ventilados, bem como evidências clinicamente relevantes sobre seu impacto no uso da VM e na permanência na unidade de terapia intensiva. No entanto, de acordo com as evidências apresentadas, a CT apresenta mais benefícios potenciais do que efeitos deletérios, e sua implementação não deve ser limitada. Na verdade, ela deve ser recomendada, considerando que é uma das poucas estratégias para evitar a retenção de secreções no ambiente de terapia intensiva.

## AGRADECIMENTOS

Yorschua Jalil e Roque Basoalto reconhecem o apoio parcial do CONICYT-PFCHA/Doctorado Nacional 2019/2020, Folio 21191025 e 21201751, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

1. Sackner MA, Hirsch J, Epstein S. Effect of cuffed endotracheal tubes on tracheal mucous velocity. *Chest*. 1975;68(6):774-7.
2. Ntounopoulos G, Shannon H, Main E. Do commonly used ventilator settings for mechanically ventilated adults have the potential to embed secretions or promote clearance? *Respir Care*. 2011;56(12):1887-92.
3. Konrad F, Schreiber T, Brecht-Kraus D, Georgieff M. Mucociliary transport in ICU patients. *Chest*. 1994;105(1):237-41.
4. Naue WS, Silva AC, Güntzel AM, Condessa RL, Oliveira RP, Vieira SR. Increasing pressure support does not enhance secretion clearance if applied during manual chest wall vibration in intubated patients: a randomised trial. *J Physiother*. 2011;57(1):21-6.
5. Kallet RH. Adjunct therapies during mechanical ventilation: airway clearance techniques, therapeutic aerosols, and gases. *Respir Care*. 2013;58(6):1053-73.
6. Pozuelo-Carrascosa DP, Torres-Costoso A, Alvarez-Bueno C, Caverio-Redondo I, López Muñoz P, Martínez-Vizcaíno V. Multimodality respiratory physiotherapy reduces mortality but may not prevent ventilator-associated pneumonia or reduce length of stay in the intensive care unit: a systematic review. *J Physiother*. 2018;64(4):222-8.

7. Goñi-Vigúria R, Yoldi-Arzo E, Casajús-Sola L, Aquerreta-Larraya T, Fernández-Sangil P, Guzmán-Unamuno E, et al. Respiratory physiotherapy in intensive care unit: bibliographic review. *Enferm Intensiva (Engl Ed)*. 2018;29(4):168-81.
8. Branson RD. Secretion management in the mechanically ventilated patient. *Respir Care*. 2007;52(10):1328-42; discussion 1342-7.
9. Pneumatikos IA, Dragoumanis CK, Bouros DE. Ventilator-associated pneumonia or endotracheal tube-associated pneumonia? An approach to the pathogenesis and preventive strategies emphasizing the importance of endotracheal tube. *Anesthesiology*. 2009;110(3):673-80.
10. Li Bassi G, Zanella A, Cressoni M, Stylianou M, Kolobow T. Following tracheal intubation, mucus flow is reversed in the semirecumbent position: possible role in the pathogenesis of ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med*. 2008;36(2):518-25.
11. Ntounenopoulos G. Mucus on the move: embed it or expel it--the patient, the clinician, and now the ventilator. *Respir Care*. 2008;53(10):1276-9.
12. Schweickert WD, Hall J. ICU-acquired weakness. *Chest*. 2007;131(5):1541-9.
13. Qaseem A, Snow V, Fitterman N, Hornbake ER, Lawrence VA, Smetana GW, Weiss K, Owens DK, Aronson M, Barry P, Casey DE Jr, Cross JT Jr, Fitterman N, Sherif KD, Weiss KB; Clinical Efficacy Assessment Subcommittee of the American College of Physicians. Risk assessment for and strategies to reduce perioperative pulmonary complications for patients undergoing noncardiothoracic surgery: a guideline from the American College of Physicians. *Ann Intern Med*. 2006;144(8):575-80.
14. Goligher EC, Fan E, Herridge MS, Murray A, Vorona S, Brace D, et al. Evolution of diaphragm thickness during mechanical ventilation: impact of inspiratory effort. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;192(9):1080-8.
15. Bott J, Blumenthal S, Buxton M, Ellum S, Falconer C, Garrod R, Harvey A, Hughes T, Lincoln M, Mikelsons C, Potter C, Pryor J, Rimington L, Sinfield F, Thompson C, Vaughn P, White J; British Thoracic Society Physiotherapy Guideline Development Group. Guidelines for the physiotherapy management of the adult, medical, spontaneously breathing patient. *Thorax*. 2009;64 Suppl 1:i1-51.
16. Ntounenopoulos G, Hammond N, Watts NR, Thompson K, Hanlon G, Paratz JD, Thomas P; George Institute for Global Health and the Australian and New Zealand Intensive Care Society Clinical Trials Group. Secretion clearance strategies in Australian and New Zealand Intensive Care Units. *Aust Crit Care*. 2018;31(4):191-6.
17. Volsko TA. Airway clearance therapy: finding the evidence. *Respir Care*. 2013;58(10):1669-78.
18. Clini E, Ambrosino N. Early physiotherapy in the respiratory intensive care unit. *Respir Med*. 2005;99(9):1096-104.
19. Spapen HD, De Regt J, Honoré PM. Chest physiotherapy in mechanically ventilated patients without pneumonia-a narrative review. *J Thorac Dis*. 2017;9(1):E44-9.
20. Avena KM, Duarte AC, Cravo SL, Sologuren MJ, Gastaldi AC. [Effects of manually assisted coughing on respiratory mechanics in patients requiring full ventilatory support]. *J Bras Pneumol*. 2008;34(6):380-6. Portuguese.
21. Unoki T, Mizutani T, Toyooka H. Effects of expiratory rib cage compression and/or prone position on oxygenation and ventilation in mechanically ventilated rabbits with induced atelectasis. *Respir Care*. 2003;48(8):754-62.
22. Gonçalves MR, Honrado T, Winck JC, Paiva JA. Effects of mechanical insufflation-exsufflation in preventing respiratory failure after extubation: a randomized controlled trial. *Crit Care*. 2012;16(2):R48.
23. Kohan M, Rezaei-Adaryani M, Najaf-Yarandi A, Hoseini F, Mohammad-Taheri N. Effects of expiratory ribcage compression before endotracheal suctioning on arterial blood gases in patients receiving mechanical ventilation. *Nurs Crit Care*. 2014;19(5):255-61.
24. Bousarri MP, Shirvani Y, Agha-Hassan-Kashani S, Nasab NM. The effect of expiratory rib cage compression before endotracheal suctioning on the vital signs in patients under mechanical ventilation. *Iran J Nurs Midwifery Res*. 2014;19(3):285-9.
25. Unoki T, Kawasaki Y, Mizutani T, Fujino Y, Yanagisawa Y, Ishimatsu S, et al. Effects of expiratory rib-cage compression on oxygenation, ventilation, and airway-secretion removal in patients receiving mechanical ventilation. *Respir Care*. 2005;50(11):1430-7.
26. Martí JD, Li Bassi G, Rigol M, Saucedo L, Ranzani OT, Esperatti M, et al. Effects of manual rib cage compressions on expiratory flow and mucus clearance during mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2013;41(3):850-6.
27. Opie LH, Spalding JM. Chest physiotherapy during intermittent positive-pressure respiration. *Lancet*. 1958; 2(7048):671-4.
28. Blake J. On the movement of mucus in the lung. *J Biomech*. 1975;8(3-4):179-90.
29. Kim CS, Iglesias AJ, Sackner MA. Mucus clearance by two-phase gas-liquid flow mechanism: asymmetric periodic flow model. *J Appl Physiol*. 1987;62(3):959-71.
30. Kim CS, Greene MA, Sankaran S, Sackner MA. Mucus transport in the airways by two-phase gas-liquid flow mechanism: continuous flow model. *J Appl Physiol*. 1986;60(3):908-17.
31. Chang HK, Weber ME, King M. Mucus transport by high-frequency nonsymmetrical oscillatory airflow. *J Appl Physiol*. 1988;65(3):1203-9.
32. Kim CS, Rodriguez CR, Eldridge MA, Sackner MA. Criteria for mucus transport in the airways by two-phase gas-liquid flow mechanism. *J Appl Physiol*. 1986;60(3):901-7.
33. Freitag L, Schroer M, Bremme J. High frequency oscillators with adjustable waveforms: practical aspects. *Br J Anaesth*. 1989;63(7 Suppl 1):38S-43S.
34. Volpe MS, Adams AB, Amato MB, Marini JJ. Ventilation patterns influence airway secretion movement. *Respir Care*. 2008;53(10):1287-94.
35. Benjamin RG, Chapman GA, Kim CS, Sackner MA. Removal of bronchial secretions by two-phase gas-liquid transport. *Chest*. 1989;95(3):658-63.
36. Freitag L, Long WM, Kim CS, Wanner A. Removal of excessive bronchial secretions by asymmetric high-frequency oscillations. *J Appl Physiol*. 1989;67(2):614-9.
37. Li Bassi G, Saucedo L, Martí JD, Rigol M, Esperatti M, Luque N, et al. Effects of duty cycle and positive end-expiratory pressure on mucus clearance during mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2012;40(3):895-902.
38. Unoki T, Mizutani T, Toyooka H. Effects of expiratory rib cage compression combined with endotracheal suctioning on gas exchange in mechanically ventilated rabbits with induced atelectasis. *Respir Care*. 2004;49(8):896-901.
39. Ouchi A, Sakuramoto H, Unoki T, Yoshino Y, Hosino H, Koyama Y, et al. Effects of manual rib cage compressions on mucus clearance in mechanically ventilated pigs. *Respir Care*. 2020;65(8):1135-40.
40. Fink JB. Forced expiratory technique, directed cough, and autogenic drainage. *Respir Care*. 2007;52(9):1210-21; discussion 1221-3.
41. Nogueira MC, Ribeiro SN, Silva EP, Guimarães CL, Wandalsen GF, Solé D, et al. Is prolonged slow expiration a reproducible airway clearance technique? *Phys Ther*. 2019;99(9):1224-30.
42. Lanza FC, Wandalsen G, Dela Bianca AC, Cruz CL, Postiaux G, Solé D. Prolonged slow expiration technique in infants: effects on tidal volume, peak expiratory flow, and expiratory reserve volume. *Respir Care*. 2011;56(12):1930-5.
43. Guimarães FS, Lopes AJ, Constantino SS, Lima JC, Canuto P, de Menezes SL. Expiratory rib cage compression in mechanically ventilated subjects: a randomized crossover trial. *Respir Care*. 2014;59(5):678-85.
44. Gonçalves EC, Souza HC, Tambascio J, Almeida MB, Basile Filho A, Gastaldi AC. Effects of chest compression on secretion removal, lung mechanics, and gas exchange in mechanically ventilated patients: a crossover, randomized study. *Intensive Care Med*. 2016;42(2):295-6.
45. Martí JD, Bassi GL, Comaru T, Torres A. Expiratory rib cage compressions to improve mechanical ventilation: not only a matter of squeezing the chest. *Respir Care*. 2014;59(8):e119-20.
46. Torres-Castro R, Vilaró J, Vera-Urbe R, Monge G, Avilés P, Suranyi C. Use of air stacking and abdominal compression for cough assistance in people with complete tetraplegia. *Spinal Cord*. 2014;52(5):354-7.

47. Ciesla ND. Chest physical therapy for patients in the intensive care unit. *Phys Ther.* 1996;76(6):609-25.
48. Duarte AC, Avena KM, Teles JM, Leite MR, Espírito-Santo DC, Messeder OA. Peak expiratory flow in mechanically ventilated patients under three modalities of manually assisted coughing. *Crit Care.* 2003;7(Suppl 3):P49.
49. Santos FR, Schneider Júnior LC, Forgiarini Junior LA, Veronezi J. Effects of manual rib-cage compression versus PEEP-ZEEP maneuver on respiratory system compliance and oxygenation in patients receiving mechanical ventilation. *Rev Bras Ter intensiva.* 2009;21(2):155-61.
50. Lobo DM, Cavalcante LA, Mont'Alverne DG. Aplicabilidade das técnicas de bag squeezing e manobra zeep em pacientes submetidos à ventilação mecânica. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2010;22(2):186-91.
51. Oliveira AC, Lorena DM, Gomes LC, Amaral BL, Volpe MS. Effects of ventilation mode and manual chest compression on flow bias during the positive end- and zero end-expiratory pressure manoeuvre in mechanically ventilated patients: a randomised crossover trial. *J Bras Pneumol.* 2019;45(1):1-9.
52. Borges LF, Saraiva MS, Saraiva MA, Macagnan FE, Kessler A. Manobra de compressão torácica expiratória em adultos ventilados mecanicamente: revisão sistemática com metanálise. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2017;29(1):96-104.

## Errata

No artigo **Desvendando a técnica de compressão torácica em pacientes em ventilação mecânica: uma revisão narrativa**, com número de DOI: 10.5935/0103-507X.20220012-pt, publicado no periódico Revista Brasileira de Terapia Intensiva, 34(1):176-84, na página 180 - Tabela 1 - Evidências clínicas sobre compressão torácica e no segundo parágrafo:

### Onde se lia:

Sixel et al.<sup>(43)</sup>

### Leia-se:

Guimarães et al.<sup>(43)</sup>

No mesmo artigo, página 183 – Referências:

### Onde se lia:

43. Sixel BS, Lemes DA, Pereira KA, Guimarães FS. Compressão manual torácica em pacientes com insuficiência respiratória aguda. *Fisioter Bras.* 2007;8(2):103-6.

### Leia-se:

43. Guimarães FS, Lopes AJ, Constantino SS, Lima JC, Canuto P, de Menezes SL. Expiratory rib cage compression in mechanically ventilated subjects: a randomized crossover trial. *Respir Care.* 2014;59(5):678-85.