

Fisioter Bras 2019;20(4);462-7  
<https://doi.org/10.33233/fb.v20i4.2299>

## ARTIGO ORIGINAL

### Insuflador-exsuflador mecânico versus manobra PEEP-ZEEP em pacientes em ventilação mecânica prolongada

#### *Mechanical insufflator-exsufflator versus PEEP-ZEEP maneuver in patients on prolonged mechanical ventilation*

Josué Felipe R. Campos, Ft.\* , Marcos David P. Godoy, Ft.\*\* , Leonardo Cordeiro de Souza, Ft.\*\*\* , William Maia Coutinho, Ft., M.Sc.\*\*\*\* , Luiz Alberto Forgiarini Junior, Ft.\*\*\*\*\*

\*Fisioterapeuta, Hospital do Icaraí, Rio de Janeiro, \*\*Coordenador Serviço de Fisioterapia da Unidade de Terapia Intensiva Hospital e Clínica São Gonçalo, Rio de Janeiro, \*\*\*Gestor do Hospital do Icaraí e Hospital e Clínica São Gonçalo, Rio de Janeiro, \*\*\*\*Hospital Independência, Rio Grande do Sul, \*\*\*\*\*Docente do Curso de Fisioterapia e Programa de Pós-Graduação Saúde e Desenvolvimento Humano, Canoas/RS

Recebido em 7 de maio de 2018; aceito em 5 de junho de 2019.

**Correspondência:** Luiz Alberto Forgiarini Junior, Av. Victor Barreto, 2288, 92010-000 Canoas RS, E-mail: forgiarini.luiz@gmail.com; Josué Felipe R. Campos: josuefelipecampos@gmail.com; Marcos David P Godoy: mdavid.uti@gmail.com; Leonardo Cordeiro de Souza: leonardo.uti@gmail.com; William Maia Coutinho: coutinho.william89@gmail.com

## Resumo

**Introdução:** A presença da via aérea artificial, associada com a imobilidade no leito, resulta em um déficit na desobstrução das vias aéreas em pacientes sob ventilação mecânica (VM). Tal condição contribui para o desenvolvimento de quadros de hipoxemia e/ou infecções respiratórias, aumentando o trabalho respiratório e também as falhas de extubação. **Objetivo:** Comparar os efeitos da utilização do insuflador-exsuflador mecânico e da manobra PEEP-ZEEP em relação à mecânica respiratória em pacientes ventilados mecanicamente por tempo prolongado. **Métodos:** Ensaio clínico randomizado cruzado, incluindo pacientes em ventilação mecânica por mais de 10 dias. Os pacientes foram randomizados para receber a aplicação do insuflador-exsuflador mecânico e da manobra PEEP-ZEEP. Foram mensuradas complacência pulmonar, estática e dinâmica, e resistência pulmonar antes e após a aplicação de cada técnica. **Resultados:** Foram incluídos 22 pacientes. Na análise intragrupos observa-se aumento significativo na complacência dinâmica e complacência estática após a aplicação de ambas as técnicas. A resistência pulmonar variou significativamente apenas após a aplicação do insuflador-exsuflador mecânico. Não foram observadas diferenças significativas na análise intergrupos. **Conclusão:** O insuflador-exsuflador mecânico e a manobra de PEEP-ZEEP demonstraram ter efeito positivo tanto sobre a complacência estática quanto a dinâmica. Entretanto, a resistência pulmonar aumentou após a aplicação do insuflador-exsuflador mecânico.

**Palavras-chave:** respiração artificial, resistência das vias respiratórias, complacência, fisioterapia, unidades de terapia intensiva.

## Abstract

**Introduction:** The presence of the artificial airway associated with immobility in the bed results in a deficit in the clearance of the airways in patients under mechanical ventilation (MV). This condition contributes to the development of hypoxemia and/or respiratory infections, increasing respiratory work and also extubation failures. **Objective:** To compare the effects of the use of mechanical insufflation-exsufflation and PEEP-ZEEP maneuver in relation to respiratory mechanics in patients on prolonged mechanical ventilation. **Methods:** Randomized cross-over trial, including patients on mechanical ventilation for more than 10 days. The patients were randomized to receive the application of mechanical insufflator-exsufflator and PEEP-ZEEP maneuver. Pulmonary compliance, static and dynamic, and pulmonary resistance were measured before and after the application of each technique. **Results:** 22 patients were included. In the intra-group analysis we observed a significant increase in the dynamic compliance and static

compliance after the application of both techniques. Pulmonary resistance varied significantly only after application of the mechanical insufflation-exsufflation. No significant differences were observed in the inter-group analysis. *Conclusion:* The mechanical insufflator-exsufflator and the PEEP-ZEEP maneuver were shown to have a positive effect on both static and dynamic complacency. However, pulmonary resistance increased after the application of the mechanical insufflation-exsufflation.

**Key-words:** artificial respiration, airway resistance, compliance, Physical Therapy, intensive care units.

## Introdução

A presença da via aérea artificial, associada com a imobilidade no leito, resulta em um déficit na desobstrução das vias aéreas em pacientes sob ventilação mecânica (VM). O tubo endotraqueal evita que o fechamento da glote, o que é essencial para a eficácia do mecanismo de tosse, que protege o trato respiratório contra possíveis infecções [1-5]. O acúmulo de secreção, comum nesses pacientes, acarreta em um aumento da resistência das vias aéreas devido a obstrução parcial ou total das mesmas. Tal condição contribui para o desenvolvimento de quadros de hipoxemia e/ou infecções respiratórias, aumentando o trabalho respiratório e também o número de falhas de extubação [6-9]. Neste contexto, a atuação da Fisioterapia está amplamente inserida no atendimento multidisciplinar dos pacientes em ventilação mecânica. Além de atuar na higiene brônquica, o profissional possui papel fundamental na prevenção e/ou tratamento de atelectasias bem como de demais condições clínicas que afetam a mecânica respiratória desses pacientes e, conseqüentemente, a trocas gasosas [10-12].

Durante as últimas décadas, houve um aumento das publicações envolvendo as técnicas de fisioterapia respiratória com objetivo de higiene brônquica [13-16]. Entre elas, destacam-se a manobra de PEEP-ZEEP e os equipamentos de insuflação-exsuflação mecânica, como o Cough Assist® (CoughAssist E70 Philips Respironics). Ambas as técnicas são similares em seu mecanismo de ação, por gerarem aumento do fluxo expiratório, e também são descritas como alternativas eficientes e seguras no tratamento de pacientes hipersecretivos internados em UTI [13,14,17,18]. Entretanto, há uma carência de estudos que evidenciam a superioridade de uma técnica ou equipamento quando se trata de higiene brônquica bem como as suas repercussões na mecânica respiratória [19].

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi comparar os efeitos da utilização do Cough Assist e da manobra PEEP-ZEEP em relação à mecânica respiratória em pacientes ventilados mecanicamente por tempo prolongado.

## Material e métodos

Trata-se de um ensaio clínico randomizado cruzado, realizado com os pacientes internados na UTI do Hospital e Clínica São Gonçalo - Rio de Janeiro. Esta pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética e pesquisa do presente local assim como os responsáveis assinaram o TCLE.

Foram incluídos pacientes submetidos à ventilação mecânica por um período superior a 10 dias, sem diagnósticos de pneumonia associada à VM, com PEEP < 10 cmH<sub>2</sub>O, submetidos a aspiração traqueal 2 horas previamente a aplicação do protocolo e hemodinamicamente estáveis (pressão arterial média  $\geq$  60 e  $\leq$  120 mmHg). Foram excluídos os pacientes que apresentaram contraindicações para o incremento de pressão positiva, como pneumotórax e hemotórax não drenados, enfisema subcutâneo, que apresentavam pressão de pico > 40 cmH<sub>2</sub>O e pacientes neurocirúrgicos. O protocolo de intervenção consistiu na aplicação de duas técnicas, o insuflador-exsuflador mecânico e a manobra de PEEP-ZEEP. Os pacientes foram randomizados através de blocos de envelopes para a primeira técnica, sendo a segunda aplicada com *washout* de 6 horas. O *Cough Assist* foi utilizado no modo automático, sendo a pressão inspiratória (PI) +30 cmH<sub>2</sub>O e pressão expiratória (PE) -15 cmH<sub>2</sub>O, o tempo de ciclo inspiratório foi de 2 segundos, o de ciclo expiratório foi de 2 segundos e foi ajustada uma pausa 0,5 segundo entre os ciclos. O fluxo de inspiração médio, *cough-trak*, estava ativado, a oscilação em ambas as fases foi de 20 Hz e a amplitude de 10 cmH<sub>2</sub>O. O equipamento foi utilizado durante 30 segundos, com suspensão de 30 segundos, até que se completasse 5 minutos. A manobra PEEP-ZEEP foi realizada com PI de 30 cmH<sub>2</sub>O e pressão positiva expiratória final (PEEP) de 15 cmH<sub>2</sub>O durante 30 segundos e com suspensão de 30 segundos, até que se completasse 5 minutos.

Todos os pacientes estavam em posição supina, com a cabeceira elevada em 30°, com tubo orotraqueal (TOT) de diâmetro interno 8,5 mm, em ventilação mecânica no modo pressão controlada (PCV), em sedoanalgesia com midazolam (10 ml/h) e citrato de fentanila (10 ml/h) e com escala de *Richmond Agitation-Sedation Scale* (RASS) com valor - 5. Para o início do estudo determinou-se o tempo zero, no qual todos os pacientes foram submetidos à aspiração endotraqueal através do sistema fechado, sonda número 12, a qual foi realizada de acordo com as diretrizes da *American Association for Respiratory Care* (AARC) [20]. Ao final de cada intervenção, todos os pacientes foram submetidos, novamente, a aspiração endotraqueal. A complacência dinâmica, complacência estática e a resistência pulmonar foram mensuradas antes e após cada técnica, com o ventilador mecânico (Servo, Marquet, Suécia) configurado no modo volume controlado (VCV), com frequência respiratória de 15 rpm, PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O, fluxo de ar de 0,5 l/s, volume corrente de 6 ml/kg peso corporal predito.

Todos os dados contínuos foram descritos por média e desvio padrão ou mediana, e os categóricos, por frequência absoluta e porcentual. A normalidade foi aferida por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para a comparação dos grupos foi realizado o teste t de Student para medidas pareadas; a comparação intergrupos foi realizada através do teste t de Student para medidas independentes; quando os dados apresentaram distribuição não-paramétrica foi utilizado o teste de Mann-Whitney. Todos os dados foram armazenados e analisados no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), para Windows, versão 20.0, sendo adotado um nível de significância de alfa de 0,05.

## Resultados

Durante o período estabelecido, 22 pacientes foram submetidos ao estudo. Houve uma prevalência do gênero masculino (59%) e a média de idade foi de 67,3 ± 15,5 anos. O tempo médio em ventilação mecânica foi de 15,14 ± 2,36 dias. As demais características demográficas estão descritas na Tabela I. Na comparação intragrupos, observamos alterações significativas na complacência dinâmica (insuflador-exsuflador mecânico com  $p < 0,001$  e manobra de PEEP-ZEEP com  $p < 0,005$ ) e o mesmo foi observado em relação à complacência estática ( $p < 0,001$  em ambas as técnicas) (Tabela II). A resistência pulmonar variou significativamente apenas após a aplicação do insuflador-exsuflador mecânico ( $p < 0,005$ ). Não foram observadas alterações significativas na comparação intergrupos (Tabela II).

**Tabela I – Características demográficas.**

Variáveis	Valores
<b>Gênero</b>	
Masculino	13
Feminino	9
<b>Apache II</b>	18,32 ± 4,08
<b>Idade, anos</b>	67,36 ± 15,56
<b>Tempo de ventilação mecânica, dias</b>	15,14 ± 2,36
<b>Diagnósticos</b>	
Pneumopatia (IRpA, PNM, DPOC)	10
Neuropatia (AVE, SGB, AW-ICU)	11
Cardiopatia (EAPc, ICC, IAM)	13

IRpA = insuficiência respiratória aguda; PNM = pneumonia; DPOC = Doença pulmonar obstrutiva crônica; AVE = Acidente Vascular Encefálico; SGB = síndrome de Guillain-Barré; AW-ICU = intensive care unit acquired weakness; EAP = edema agudo de Pulmão; ICC = insuficiência cardíaca congestiva; IAM = infarto agudo do miocárdio.

**Tabela II – Análise da complacência dinâmica, complacência estática e resistência pulmonare intra e intergrupos.**

Variável	Insuflador-Exsuflador Mecânico	p	Manobra PEEP-ZEEP	p
<b>Intragrupos</b>				
<b>Cdin</b>				
Pré	26,25 (19,8-28,4) <sup>a</sup>	0,001	25 ± 5,27 <sup>b</sup>	0,005
Pós	27,85 (25,7-29,5) <sup>a</sup>		26,61 ± 4,93 <sup>b</sup>	
<b>Cest</b>				
Pré	41,60 (35,7-45,4) <sup>a</sup>	0,001	40,81 ± 7,50 <sup>b</sup>	0,001
Pós	44,90 (39,1-50) <sup>a</sup>		42,98 ± 7,54 <sup>b</sup>	
<b>Rsr</b>				
Pré	6 (5-8) <sup>a</sup>	0,005	6 (5-8) <sup>a</sup>	0,146
Pós	7,5 (5-10) <sup>a</sup>		7 (5-9) <sup>a</sup>	
<b>Intergrupos</b>				
<b>Cdin</b>				
Pré	24,68 ± 5,25 <sup>b</sup>	-	25 ± 5,27 <sup>b</sup>	0,327
Pós	27,69 ± 5,18 <sup>b</sup>	-	26,61 ± 4,93 <sup>b</sup>	0,484
<b>Cest</b>				
Pré	41,93 ± 9,18 <sup>b</sup>	-	40,81 ± 7,50 <sup>b</sup>	0,665
Pós	46,32 ± 11,29 <sup>b</sup>	-	42,98 ± 7,54 <sup>b</sup>	0,256
<b>Rsr</b>				
Pré	6 (5-8) <sup>a</sup>	-	6 (5-8) <sup>a</sup>	0,991
Pós	7,5 (5-10) <sup>a</sup>	-	7 (5-9) <sup>a</sup>	0,503

Cdin = complacência dinâmica pulmonar; Cest = complacência estática pulmonar; Rsr = resistência pulmonar; <sup>a</sup>Valores expressos em mediana (intervalo interquartil); <sup>b</sup>Valores expressos em média ± DP

## Discussão

Técnicas de higiene brônquica são de vital importância no manejo de pacientes críticos sob ventilação mecânica [13,19,21-24]. Atualmente existe uma gama de recursos para esta finalidade, já bem difundida e utilizada entre os profissionais de fisioterapia. Apesar da pouca evidência sobre os seus efeitos na mecânica respiratória, os benefícios clínicos destas técnicas são inquestionáveis, não só entre os fisioterapeutas, mas também entre os demais profissionais que atuam dentro dos centros de tratamento intensivo [16,25].

O principal achado deste estudo foi que não há alterações significativas na mecânica respiratória ao compararmos o insuflador-exsuflador mecânico com a manobra de PEEP-ZEEP. Ambas as técnicas apresentaram efeito positivo tanto sobre a complacência estática quanto sobre a complacência dinâmica. Em relação à manobra de PEEP-ZEEP, tal achado vai ao encontro dos resultados encontrados por dos Santos *et al.* [17], em seu estudo, que observaram aumento significativo da complacência pulmonar em pacientes ventilados mecanicamente após a realização desta técnica. Entretanto, em nosso estudo as mensurações foram realizadas com os pacientes sendo ventilados no modo volume controlado. Nesse modo, o impacto sobre a mecânica respiratória pode ser mais vigoroso, uma vez que o volume corrente configurado será oferecido ao paciente, independente da pressão gerada nas vias aéreas. Outro ponto em que nosso estudo se difere foi a realização de aspiração com sistema fechado, no qual não se perde a pressão positiva no momento do procedimento, uma vez que não há desconexão da traqueia do ventilador [26].

O insuflador-exsuflador mecânico, por sua vez, devido ao seu sistema mandatório por pressão positiva, seguido de súbita negativação da pressão no interior das vias aéreas, já está bem estabelecido na literatura como uma alternativa segura e eficaz na remoção de pacientes hipersecretivos, porém sem alterar a mecânica ventilatória de forma positiva [14,18,27]. Em nosso estudo, em contrapartida, focamos em avaliar os efeitos deste equipamento na complacência e resistência pulmonar. O aumento da complacência pulmonar, observada em nosso estudo, já foi relacionado à redução de microatelectasias em estudos anteriores, principalmente como consequência da fase de exsuflação deste aparelho [28,29]. Tal efeito demonstrou ter efeito positivo, como o aumento da capacidade vital em pacientes com doenças neuromusculares e restrição severa de volume pulmonar [30].

Este estudo apresenta como ponto positivo a análise da mecânica respiratória, o que pode contribuir para escolha e ainda avaliação da técnica a ser utilizada a beira-leito. Como

limitações do presente estudo, a não avaliação da hemodinâmica e volume de secreção aspirado que poderiam aprimorar os desfechos analisados.

## Conclusão

Concluimos que tanto o CA quanto a técnica de PEEP-ZEEP possuem efeitos benéficos em relação ao aprimoramento da complacência estática e dinâmica, em contrapartida o CA aumentou a resistência pulmonar.

## Referências

1. Chartwin M, Simonds AK. The addition of mechanical insufflation/exsufflation shortens airway – clearance sessions in neuromuscular patients with chest infection. *Respir Care* 2009;54(11):1473-9.
2. Smina M, Salam A, Khamiees M, Gada P, Amoateng-Adjepong Manthous CA. Cough peak flows and extubation outcomes. *Chest* 2003;124(1):262-8. <https://doi.org/10.1378/chest.124.1.262>
3. Oliveira J, Zagalo C, Cavaco-Silva P. Prevention of ventilator-associated pneumonia. *Rev Port Pneumol* 2014;20(3):152-61.
4. França EE, Ferrari F, Fernandes P, Cavalcanti R, Duarte A, Martinez PB et al. Fisioterapia em pacientes críticos adultos: recomendações do Departamento de Fisioterapia da Associação de Medicina Brasileira. *Rev Bras Ter Intensiva* 2012;24(1):6-22. <http://doi.org/10.1590/S0103-507X2012000100003>
5. Maggiore SM, Lellouche F, Pignataro C, Girou E, Maitre B, Richard JCM et al. Decreasing the adverse effects of endotracheal suctioning during mechanical ventilation by changing practice. *Respir Care* 2013;58(10):1588-97. <https://doi.org/10.4187/respcare.02265>
6. Bach JR, Gonçalves MR, Hamdani I, Winck JC. Extubation of patients with neuromuscular weakness: a new management paradigm. *Chest* 2010;137(5):1032-9.
7. Dias CM, Siqueira TM, Faccio TR, Gontijo LC, Salge JA, Volpe MS. Efetividade e segurança da técnica de higiene brônquica: hiperinsuflação manual com compressão torácica. *Rev Bras Ter Intensiva* 2011;23(2):190-8. <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2011000200012>
8. Paulus F, Binnekade JM, Vroom MB, Schultz MJ. Benefits and risks of manual hyperinflation in intubated and mechanically ventilated intensive care unit patients: a systematic review. *Crit Care* 2012;16(4):R145. <https://doi.org/10.1186/cc11457>
9. Rello J, Paiva JA, Baraibar J, Barcenilla F, Bodi M, Castander D et al. International conference for the development of consensus on the diagnosis and treatment of ventilator-associated pneumonia. *Chest* 2001;120(3):955-70. <https://doi.org/10.1378/chest.120.3.955>
10. Supulveda M, Oliveira PH, Duarte A, Gastaldi AC, Feltrin MIZ, Passos VL et al. Recursos fisioterápicos em assistência ventilatória. *J Pneumol* 2000;26(Suppl 2):S35-7.
11. Baker M, Adams S. An evaluation of a single chest physiotherapy treatment on mechanically ventilated patients with acute lung injury. *Physiother Res Int* 2002;7(3):157-69.
12. Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157(1):294-323. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.157.1.9604014>
13. Assmann CB, Vieira PJC, Kutchak F, Rieder MM, Forgiarini SGI, Forgiarini Junior LA. Hiperinsuflação pulmonar com ventilador mecânico versus aspiração traqueal isolada na higiene brônquica de pacientes submetidos à ventilação mecânica. *Rev Bras Ter Intensiva* 2016;28(1):27-32. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20160010>
14. Bach JR, Sinqee DM, Saporito LR, Botticello AL. Efficacy of mechanical insufflation-exsufflation in extubating unweanable subjects with restrictive pulmonary disorders. *Respir Care* 2015;60(4):477-83. <https://doi.org/10.4187/respcare.04051>
15. Toussaint M. The use of mechanical insufflation-exsufflation via artificial airways. *Respir Care* 2011;56(8):1217-9. <https://doi.org/10.4187/respcare.01448>
16. Herbst-Rodrigues MV, Carvalho VO, Auler JO Jr, Feltrim MI. PEEP-ZEEP technique: cardiorespiratory repercussions in mechanically ventilated patients submitted to a

- coronary artery bypass graft surgery. *J Cardiothorac Surg* 2011;6:108. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-6-108>
17. Dos 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. <http://doi.org/10.1590/S0103-507X2009000200007>
  18. Coutinho WM, Dias AS, Forgiarini Junior LA. The use of mechanical insufflation-exsufflation as bronchial hygiene technique in critical patients. *Fisioter Bras* 2016;17(3):293-303.8. <https://doi.org/10.4172/2329-9096.1000493>
  19. Volsko TA. Airway clearance therapy: finding the evidence. *Respir Care* 2013;58(10):1669-78. <https://doi.org/10.4187/respcare.02590>
  20. American Association for Respiratory Care. AARC clinical practice guidelines. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010. *Respir Care* 2010;55(6):758-64.
  21. Lemes DA, Zin WA, Guimaraes FS. Hyperinflation using pressure support ventilation improves secretion clearance and respiratory mechanics in ventilated patients with pulmonary infection: a randomised crossover trial. *Aust J Physiother* 2009;55(4):249-54.
  22. Nakagawa NK, Franchini ML, Driusso P, Oliveira LR, Saldiva PHN, Lorenzi-Filho G. Mucociliary clearance is impaired in acutely ill patients. *Chest* 2005;128(4):2772-7. <https://doi.org/10.1378/chest.128.4.2772>
  23. Sancho J, Servera E, Vergara P, Marín J. Mechanical insufflation-exsufflation vs. tracheal suctioning via tracheostomy tubes for patients with amyotrophic lateral sclerosis - a pilot study. *Am J Phys Med Rehabil* 2003;82(10):750-3. <https://doi.org/10.1097/01.PHM.0000087456.28979.2E>
  24. 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. <https://doi.org/10.1186/cc11249>
  25. Rose I, Adhikari NK, Poon J, Leasa D, McKim DA, CANuVENT Group. Cough augmentation techniques in the critically ill: a Canadian national survey. *Respir Care* 2016;61(10):1360-8. <https://doi.org/10.4187/respcare.04775>
  26. Taheri P, Asgari N, Mohammadzadeh M, Golchin M. The effect of open and closed endotracheal tube suctioning system on respiratory parameters of infants undergoing mechanical ventilation. *Iran J Nurs Midwifery Res* 2012;17(1):26-9.
  27. Koenig E, Singh B, Wood J. Mechanical insufflations-exsufflation for an individual with duchenne muscular dystrophy and a lower respiratory infection. *Respirol Case Rep* 2017;5(2):e00210. <https://doi.org/10.1002/rcr2.210>
  28. Estenne M, Gevenois PA, Kinnear W, Soudon P, Heilporn A, De Troyer A. Lung volume restriction in patients with chronic respiratory muscle weakness: the role of microatelectasis. *Thorax* 1993;48:698-701. <https://doi.org/10.1136/thx.48.7.698>
  29. Estenne M, Heilporn A, Delhez L, Yernault JC, De Troyer A. Chest wall stiffness in patients with chronic respiratory muscle weakness. *Am Rev Respir Dis* 1983;128:1002-7. <https://doi.org/10.1164/arrd.1983.128.6.1002>
  30. Stehling F, Bouikidis A, Schara U, Mellies U. Mechanical insufflation-exsufflation improves vital capacity in neuromuscular disorders. *Chron Respir Dis* 2015;12(1):31-5. <https://doi.org/10.1177/1479972314562209>