

Monitorização da Expansão Pulmonar Após Manobras de Fisioterapia Respiratória por Meio do Tomógrafo de Impedância Elétrica

Monitoring of Lung Expansion After Respiratory Therapy Maneuvers Through the Electrical Impedance Tomography

Larissa Barrientto^a; Rodrigo Tonella^a; Ligia Ratti^a; Daniela Faez^b;
Ana Paulo Ragonete dos Anjos^{b*}; Luciana Castilho Figueirêdo^b

^aUniversidade de Campinas, Curso de Aprimoramento Profissional de Fisioterapia em UTI de Adultos. Campinas, SP.

^bUniversidade de Campinas, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Cirurgia. Campinas, SP.

*E-mail: pauladosanjos@yahoo.com.br.

Resumo

A tomografia de impedância elétrica é um método não invasivo de visualização da mecânica respiratória beira-leito. Este exame permite observar, em tempo real, a ventilação regional pulmonar a cada ciclo respiratório com o objetivo de se otimizar e observar os efeitos imediatos dos ajustes de ventilação mecânica e/ou terapia respiratória. O objetivo é monitorar e avaliar a reexpansão pulmonar durante as manobras fisioterapêuticas de bloqueio torácico e hiperinsuflação pulmonar com AMBU[®] por meio do tomógrafo de impedância elétrica. Apresentação dos resultados e a interpretação da monitorização pela tomografia por impedância elétrica torácica em paciente vítima de trauma cranioencefálico, com diagnóstico de pneumonia em hemitórax esquerdo, internado na Unidade de Terapia Intensiva submetido à manobra de bloqueio torácico e a manobra de hiperinsuflação pulmonar. Previamente à manobra de bloqueio torácico, as porcentagens de áreas ventiladas foram: quadrante 1 50%, quadrante 2 34%, quadrante 3 3% e quadrante 4 11%. Após a manobra os resultados obtidos foram: quadrante 1 50%, quadrante 3 22%, quadrante 2 14% e quadrante 4 13%. Na hiperinsuflação pulmonar, previamente as porcentagens de áreas ventiladas foram: quadrante 1 33%, quadrante 3 25%, quadrante 2 22% e quadrante 4 19%. Após a hiperinsuflação pulmonar os resultados obtidos foram: quadrante 1 39%, quadrante 3 22%, quadrante 2 23% e quadrante 4 15%. Após a manobra de bloqueio torácico há redistribuição da ventilação pulmonar no pulmão contralateral e na hiperinsuflação pulmonar houve redistribuição da ventilação pulmonar em ápices pulmonares e redução em bases. A monitorização também mostra que essas manobras são eficazes para reexpansão pulmonar.

Palavras-chave: Tomografia. Impedância Elétrica. Serviço Hospitalar de Fisioterapia.

Abstract

Electrical impedance tomography is a noninvasive method of visualization of bedside respiratory mechanics. This exam allows to observe, in real-time regional lung ventilation to each respiratory cycle with the aim of improving and observing the immediate effects of mechanical ventilation settings and or chest therapy. The goal is to monitor and evaluate the pulmonary re-expansion during chest therapy maneuvers of thoracic blockade and lung hyperinflation with Ambu[®] by electrical impedance tomography. Presentation of the results and interpretation of monitoring was carried out by thoracic electrical impedance in a patient victim of head trauma, diagnosed with pneumonia in the left hemithorax, admitted to the Intensive Care Unit and submitted to thoracic blocking maneuver and lung hyperinflation maneuver. Before thoracic blocking maneuver, the percentages of ventilated area were: quadrant 1 50% 34% quadrant, quadrant 2 and quadrant 4 14% 13%. After the maneuver the results obtained were: Quadrant 1 50% 32% quadrant, quadrant 2 and quadrant 4 14% 13%. In lung hyperinflation, previously the percentage of ventilated area were quadrant 1 33% 32% quadrant, quadrant 2 and quadrant 4 23% 15%. After lung hyperinflation the results obtained were: Quadrant 1 39% 32% quadrant, quadrant 2 and quadrant 4 23% 15%. After the thoracic blocking maneuver there is redistribution of pulmonary ventilation in the contralateral lung and lung hyperinflation there was redistribution of ventilation pulmonary apices and reduction in basis. Monitoring also shows that these maneuvers are effective for pulmonary re-expansion.

Keywords: Tomography. Electrical Impedance. Physical Therapy Department, Hospital.

1 Introdução

A rotina da atuação fisioterapêutica em cuidados intensivo ainda apresenta evidência limitada, quanto aos benefícios alcançados após aplicação das diversas técnicas manuais em pacientes adultos, entubados e que necessitam de suporte ventilatório¹.

Recentemente, alguns autores propõem que além da interpretação da ausculta pulmonar e da radiografia de tórax, a utilização de recursos diagnósticos por imagem beira leito, tal como o ultrassom e tomografia de impedância elétrica passam a ser ferramentas semiológicas, quanto ao diagnóstico funcional e acompanhamento dos resultados em relação às técnicas de fisioterapia utilizadas como recurso terapêutico².

A tomografia de impedância elétrica é um método não invasivo de visualização da ventilação e expansão pulmonar, beira-leito. A tomografia de impedância elétrica - TIE é uma técnica que possibilita a reconstrução de imagens de um corte axial dos pulmões, em tempo real, de forma dinâmica e segura, permitindo a avaliação da ventilação pulmonar regional³. Portanto, esta técnica pode otimizar e interpretar os efeitos imediatos dos ajustes de ventilação mecânica e da terapia respiratória. A partir disso, as estruturas pulmonares funcionalmente ativas são exibidas, enquanto que estruturas normais ou patológicas funcionalmente estáticas não são capturadas pela técnica, não sendo representadas como imagens⁴.

Neste contexto, este estudo de caso teve como objetivo

avaliar a expansão pulmonar, antes e após a realização da manobra de bloqueio torácico e hiperinsuflação manual pulmonar com ambu por meio do tomógrafo de impedância elétrica torácica.

2 Estudo do Caso

Paciente vítima de trauma cranioencefálico, com diagnóstico de pneumonia inferior à esquerda, internado na Unidade de Terapia Intensiva do Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas, entubado, com ventilação mecânica invasiva, parâmetros de ventilação mecânica protetora: modo controlado a volume, volume corrente de 6mL/Kg predito de peso; frequência respiratória: 10; Pressão Positiva no Final da Expiração - PEEP: 8 cmH₂O; Tempo Inspiratório: 1,5; Fração de oxigênio: 40%, sedado, RASS: -5, hemodinamicamente estável e sem o uso de drogas vasoativas ou vasopressivas. Foi submetido à aplicação da manobra manual de bloqueio torácico - BT em hemitórax direito e manobra de hiperinsuflação torácica - HP manual com reanimador manual autoinflável (AMBU®).

2.1. Técnicas fisioterapêuticas

Manobra de bloqueio torácico contralateral ao hemitórax comprometido: A manobra de BT foi realizada segundo Striller, 2000 por meio da aplicação de uma força por meio das mãos do fisioterapeuta ao final da expiração, no hemitórax direito do paciente, fazendo com que o volume de ar colocado nas vias aéreas do paciente ocupe, principalmente, o hemitórax contralateral ao bloqueio⁵. A manobra foi realizada durante um minuto e repetida por dez ciclos ventilatórios.

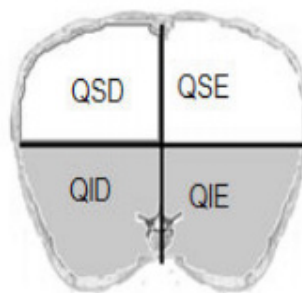
Manobra de hiperinsuflação pulmonar: A manobra de HP foi realizada segundo Scholten *et al.*⁶ por meio da hiperinsuflação manual e (AMBU®). A manobra foi realizada durante um minuto e repetida por dez ciclos ventilatórios.

2.2. Posicionamento e interpretação do tomógrafo por impedância elétrica

O paciente foi monitorizado com tomógrafo por impedância elétrica torácica da marca *Dräger*®, modelo Pulmovista 500, com o posicionamento dos eletrodos na parede torácica por meio de uma cinta ao longo da circunferência torácica próxima ao nível da linha mamária entre o quarto e o quinto espaço intercostal. Também é conectado ao monitor da tomografia por impedância elétrica um sensor de fluxo posicionado entre o tubo endotraqueal e o “Y” do circuito do ventilador, além dos eletrodos de eletrocardiograma.

A imagem do monitor do tomógrafo divide os pulmões em quatro quadrantes, sendo os quadrantes 1 superior direito - QSD e 3 quadrante inferior direito - QID correspondentes ao pulmão direito e 2 quadrante superior esquerdo - QSE e 4 quadrante inferior esquerdo - QIE correspondentes ao pulmão esquerdo. O aparelho informa, dinamicamente, a cada ciclo respiratório, as porcentagens ventiladas de cada área (Figura 1).

Figura 1: Representação esquemática dos quatro quadrantes pulmonares

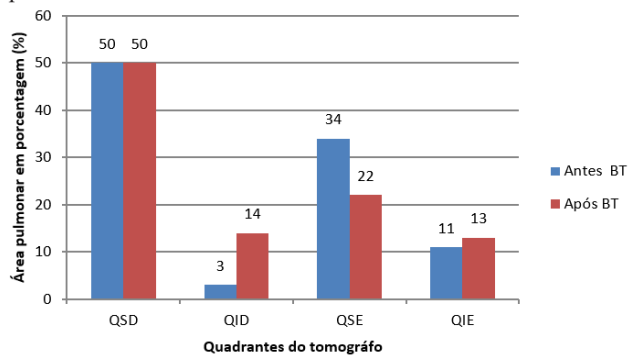


Fonte: Os autores.

De acordo com a literatura, a manobra de bloqueio torácico permite aumento do volume corrente pulmonar decorrente da redução da pressão pleural e do aumento do fluxo inspiratório⁷.

Podem ser observados, na análise da manobra de bloqueio torácico, pelo tomógrafo de impedância elétrica, previamente a manobra, que as porcentagens de áreas ventiladas foram: quadrante QSD 50%, quadrante QID 34%, quadrante QSE 3% e quadrante QIE 11%. Após a manobra, os resultados obtidos foram: quadrante QSD 50%, quadrante QID 22%, quadrante QSE 14% e quadrante QIE 13% demonstrado pelo gráfico da Figura 2.

Figura 2: Análise da área pulmonar pelo tomógrafo de impedância elétrica antes e após a realização da manobra de bloqueio torácico pulmonar

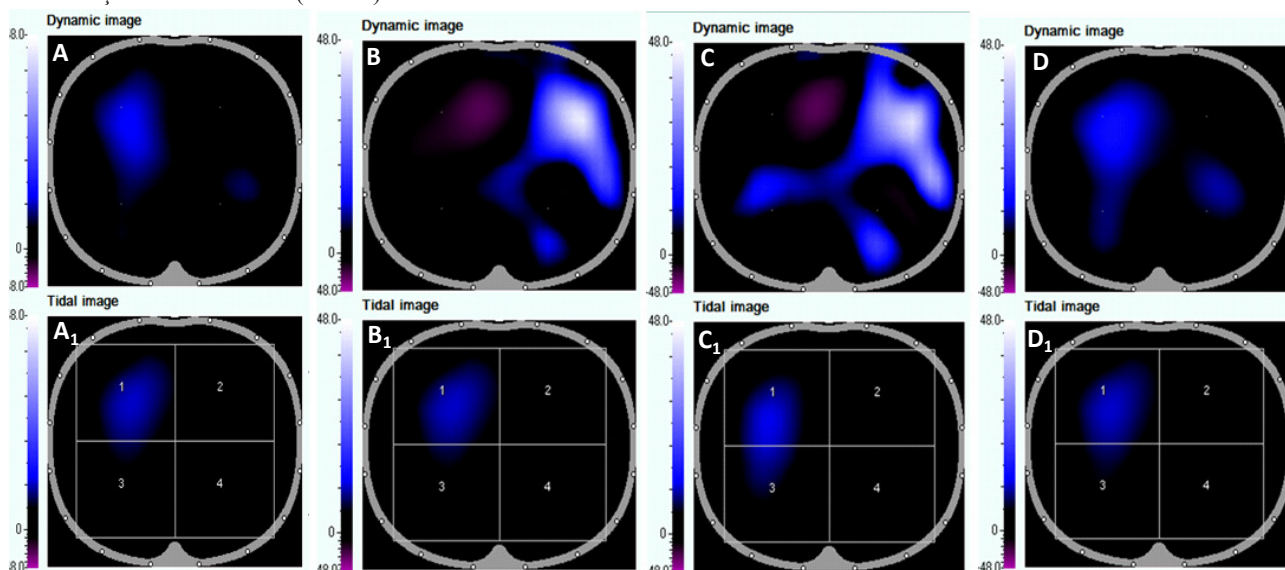


Legenda: QSD: quadrante referente à região superior do pulmão direito; QID: quadrante referente à região inferior do pulmão direito; QSE quadrante referente à região superior do pulmão esquerdo; QIE: quadrante referente à região inferior do pulmão esquerdo; Antes a manobra de bloqueio torácico (BT); Após manobra de bloqueio torácico (BT).

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 3 contém as imagens da tomografia por impedância elétrica, após a adaptação dos sensores no tórax do paciente (A e A₁), nos primeiros vinte segundos do início da manobra de BT (B e B₁), após 1 minuto do início da manobra (C e C₁) e após 5 minutos do término da realização da manobra BT (D e D₁). Houve uma melhor redistribuição da ventilação pulmonar contra lateral a aplicação da manobra, efeito desejado de acordo com o objetivo proposto, porém estes efeitos não foram mantidos após 5 minutos do término da realização do BT. Este achado corrobora os resultados de Della Via *et al.*, (2011), que constatou aumento do volume minuto e volume corrente após a realização de manobra de bloqueio torácico e reexpansão torácica por meio da radiografia de tórax⁸.

Figura 3: Imagens obtidas no tomógrafo de impedância elétrica, após a adaptação dos sensores no tórax do paciente (A e A1), nos primeiros 20 segundos do início da manobra de BT (B e B1), após 1 minuto do início da manobra (C e C1) e após 5 minutos do término da realização da manobra BT (D e D1)



Fonte: O autor.

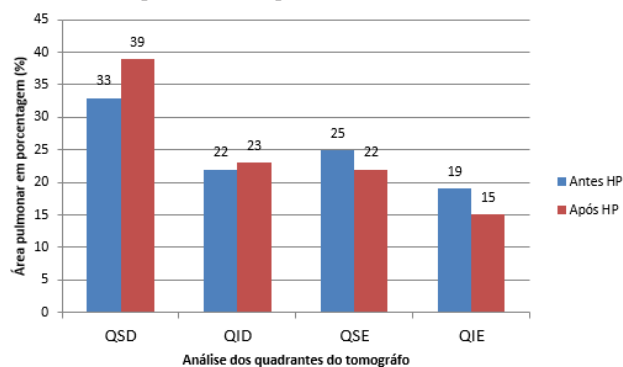
Porém, não existe na literatura, até o presente momento, relatos sobre exame ou monitorização por meio de imagem durante as manobras de reexpansão pulmonar manual em pacientes entubados e com ventilação mecânica. Em algumas literaturas foi comprovado que a manobra manual de reexpansão pulmonar previne e trata atelectasias por métodos de radiografia de tórax e pela ventilometria pulmonar^{8,9}.

Diversos estudos verificaram os benefícios da manobra de hiperinsuflação pulmonar como o aumento da complacência estática do sistema respiratório, prevenção de pneumonias associadas com a ventilação mecânica, redução da resistência total do sistema respiratório, aumento da pressão arterial de oxigênio (PaO₂) e da saturação arterial de oxigênio (SaO₂), além da resolução das áreas de atelectasias¹⁰⁻¹³. Apesar dos benefícios da hiperinsuflação manual, os riscos de barotrauma, volutrauma e instabilidade hemodinâmica são os efeitos deletérios mais frequentes em decorrência da aplicação da técnica¹⁴. A hiperinsuflação pulmonar parece promover a expansão das unidades alveolares colapsadas, por meio do aumento do fluxo aéreo para as regiões atelectasiadas, por meio dos canais colaterais, do mecanismo de interdependência alveolar e da renovação de surfactante nos alvéolos^{12,14}. Cabeza *et al.*¹⁵ avaliaram a ventilação regional por meio do tomógrafo de impedância elétrica, antes e após a realização de manobras manuais para reversão de atelectasia em um paciente internado em terapia intensiva, entubado e com ventilação mecânica. Os autores puderam comprovar, em tempo real, a reversão da atelectasia que pôde ser visualizada em corte transversal, na altura da sexta vértebra torácica.

No presente caso, os valores previamente a manobra

de hiperinsuflação pulmonar das áreas ventiladas foram: quadrante QSD 33%, quadrante QID 25%, quadrante QSE 22% e quadrante QIE 19%. Após a hiperinsuflação pulmonar os resultados obtidos foram: quadrante QSD 39%, quadrante QID 22%, quadrante QSE 23% e quadrante QIE 15% demonstrado pelo gráfico da Figura 4.

Figura 4: Análise das áreas ventiladas dos pulmões por meio do tomógrafo de impedância elétrica antes e após a aplicação da manobra de hiperinsuflação pulmonar

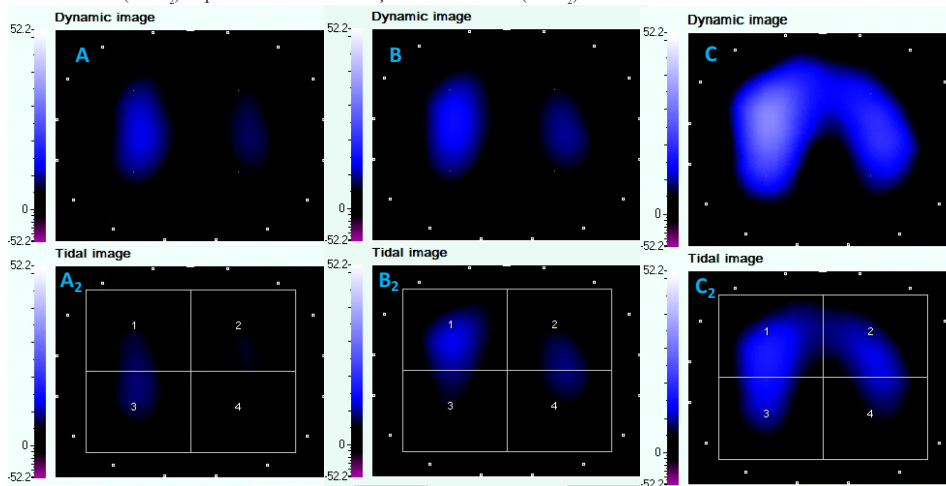


Legenda: QSD: quadrante referente à região superior do pulmão direito; QID: quadrante referente à região inferior do pulmão direito; QSE quadrante referente à região superior do pulmão esquerdo; QIE: quadrante referente à região inferior do pulmão esquerdo; Antes a manobra de bloqueio torácico (BT); Após manobra de hiperinsuflação pulmonar (HP).

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 5 contém as imagens da tomografia por impedância elétrica, no instante em que os sensores foram adaptados no tórax do paciente (A e A₂), no início da manobra de HP (B e B₂) e 5 minutos após a realização da manobra HP (C e C₂). Houve uma melhor redistribuição da ventilação pulmonar, com predomínio dos quadrantes superiores direito e esquerdo.

Figura 5: Imagens obtidas no tomógrafo de impedância elétrica, no momento de adaptação dos sensores (A e A₂), antes do início da manobra de HP (B e B₂) e após 5 minutos da realização da manobra HP (C e C₂)



Fonte: Dados da pesquisa.

O presente achado está de acordo com Sarmiento¹⁶ e Lemes e Guimaraes¹⁷, a desconexão do paciente do ventilador, com altos níveis de pressão expiratória positiva final (PEEP), para ser submetido à hiperinsuflação pulmonar pode resultar em diminuição da capacidade residual funcional e da oxigenação, com potencial estresse das unidades pulmonares distais e, conseqüente lesão por cisalhamento, relacionada à abertura e aos fechamentos cíclicos de unidades pulmonares instáveis.

Várias doenças são estudadas e relacionadas com os efeitos da hiperinsuflação pulmonar como método preventivo e terapêutico, principalmente, em pneumonias. Segundo Crowe *et al.*¹⁸ observaram que os pacientes em ventilação mecânica que receberam a técnica de hiperinsuflação pulmonar associada com as técnicas de fisioterapia (drenagem postural, aspiração e vibração) apresentaram diminuição da ocorrência de infecção. Scholten *et al.*⁶ demonstraram que a hiperinsuflação manual em pacientes entubados e não entubados, associada ao posicionamento em decúbito lateral com o pulmão comprometido na posição não-dependente foi eficaz na expansão de atelectasias, acarretando melhora da resolução radiológica e aumento da oxigenação arterial. A melhora radiológica também foi detectada, posteriormente, no trabalho de Stiller *et al.*¹⁹, em que verificaram que o posicionamento e a vibração torácica promoveram maior eficácia na expansão da atelectasia lobar aguda, em pacientes entubados, quando foram incluídas a hiperinsuflação manual e a aspiração traqueal no tratamento.

3 Conclusão

O uso da tomografia por impedância elétrica beira leito pode ser uma ferramenta de exame complementar capaz de guiar, a cada movimento respiratório, possíveis ajustes da ventilação regional, incluindo a decisão de quais manobras fisioterapêuticas devem ser adotadas para reexpansão pulmonar em pacientes entubados e com ventilação mecânica. Após as manobra de bloqueio torácico houve redistribuição da ventilação pulmonar no pulmão contralateral e após a

manobra de hiperinsuflação pulmonar houve redistribuição da ventilação pulmonar em ápices pulmonares e redução em bases. A monitorização pode demonstrar que essas manobras são eficazes para reexpansão pulmonar, após a execução e devem ser utilizadas com cautela devido ao risco de hiperdistensão de áreas já expandidas. Estudos futuros são necessários para avaliação de demais técnicas fisioterapêuticas utilizadas na unidade de terapia intensiva e, sendo assim, otimizar os recursos em favor do paciente.

Referências

1. Stiller K. Physiotherapy in Intensive Care: an updated systematic review. *Chest* 2013;144(3):825-47.
2. Leech M, Bissett B, Kot M, Ntoumenopoulos G. Physiotherapist-initiated lung ultrasound to improve intensive care management of a deteriorating patient and prevent intubation: a case report. *Physiother Theory Pract* 2015;29:1-5.
3. Frerichs I, Dudykevych T, Hinz J, Bodenstern M, Hahn G, Hellige G. Gravity effects on regional lung ventilation determined by functional EIT during parabolic flights. *J Appl Physiol* 2001;91(1):39-50.
4. Borges JB, Suarez-Sipmann F, Bohm SH, Tusman G, Melo A, Maripuu E, *et al.* Regional lung perfusion estimated by electrical impedance tomography in a piglet model of lung collapse. *J Appl Physiol* 2012;112:225-36.
5. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: towards an evidence-based practice. *Chest* 2000;118:1801-13
6. Scholten DJ, Novak R, Snyder JV. Directed manual recruitment of collapsed lung in intubated and non intubated patients. *Am Surgeon* 1985;51:330-5.
7. Sarmiento G, Veja J, Lopes N. Fisioterapia em UTI. São Paulo: Atheneu; 2006.
8. Della Via F, Oliveira RARA, Dragosavac D. Efeitos da manobra de compressão e descompressão torácica nos volumes pulmonares, capnografia e oximetria de pulso em pacientes submetido à ventilação mecânica. *Braz J Phys Ther* 2012;16(5):357-9.
9. Santos LJ, Blattner CN, Micol CAB, Pinto FAM, Renon A, Pletsch R. Efeitos da manobra de hiperinsuflação manual

- associada à pressão positiva expiratória final em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. *Rev Bras Ter Intensiva* 2010;22(1):40-6.
10. Blattner C, Johnston C, Carvalho WB. Efeitos dos níveis de pressão expiratória final positiva no pico de fluxo expiratório durante a hiperinsuflação manual. *Rev Assoc Med Bras* 2006;52(6):380.
 11. Jerre G, Silva TJ, Beraldo MA, Gastaldi A, Kondo C, Leme F, *et al.* Fisioterapia no paciente sob ventilação mecânica. *J Bras Pneumol* 2007;33:142-50.
 12. Berney S, Denehy L. A comparison of the effects of manual and ventilator hyperinflation on static lung compliance and sputum production in intubated and ventilated intensive care patients. *Physiother Res Int* 2002;7:100-8
 13. Hodgson C, Denehy L, Ntoumenopoulos G, Santamaria J, Carroll S. An investigation of the early effects of manual lung hyperinflation in critically ill patients. *Anaesth Intensive Care* 2000;28:255-61.
 14. Ntoumenopoulos G, Dawson H. Pros and cons of manual lung hyperinflation. *Anaesthesia* 2000;55:492-4.
 15. Cabeza L, Abella A, Hermosa C. Evaluation of physiotherapy techniques using impedance tomography. *Med Intensiva* 2015;39(1):64. doi: 10.1016/j.medin.2014.05.007
 16. Sarmiento GJV. O ABC da fisioterapia respiratória. Barueri: Manole; 2009.
 17. Lemes DA, Guimarães FS. O uso da hiperinsuflação como recurso fisioterapêutico em unidade de terapia intensiva. *Rev Bras Ter Intensiva* 2007;19(2):222-5.
 18. Crowe J, Rajczak J, Elms B. Safety and effectiveness of breath stacking in management of patients with acute atelectasis. *Physiother Canada* 2006;58(4):306-14.
 19. Stiller K, Geake T, Taylor J, Grant R, Hall B. Acute lobar atelectasis: a comparison of five chest physiotherapy regimes. *Physiother Theory Practice* 1996;12:197-209.