

Recrutamento pulmonar na síndrome do desconforto respiratório agudo. Qual a melhor estratégia?

Pulmonar recruitment in acute respiratory distress syndrome. What is the best strategy?

CÍNTIA LOURENÇO SANTOS¹; CYNTHIA DOS SANTOS SAMARY²; PEDRO LAURINDO FIORIO JÚNIOR³; BRUNA LOURENÇO SANTOS⁴; ALBERTO SCHANAIDER, TCBC-RJ⁵

R E S U M O

O suporte a pacientes com a Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA), realizado com baixos volumes correntes e limite da pressão positiva ao final da expiração (PEEP), é o padrão ouro no tratamento de pacientes internados em Unidades de Terapia Intensiva. No entanto, essas estratégias podem promover o desrecrutamento pulmonar levando ao fechamento e reabertura cíclicos de alvéolos colapsados e de pequenas vias aéreas. As manobras de recrutamento (MR) podem ser usadas em conjunto a outros métodos, como a PEEP e posicionamento dos pacientes, para promover melhora no volume pulmonar aerado. Diversos métodos são utilizados na prática clínica, mas o mais adequado e a seleção de qual paciente se beneficiaria de MR ainda não estão estabelecidos. Além disso, ainda permanecem consideráveis incertezas em relação a adequação da MR. Esta revisão objetiva discutir as últimas descobertas acerca das MR existentes e compará-las no que tange a suas eficácias, indicações e complicações. Descobertas recentes incluem evidências clínicas e experimentais que a manobra de recrutamento em "STEP" pode promover uma melhora do volume pulmonar aerado e reduzir o impacto biológico observado na insuflação sustentada tradicionalmente usada. O posicionamento em prona pode reduzir a mortalidade em pacientes com SDRA grave e ser um coadjuvante nas manobras de recrutamento e estratégias ventilatórias avançadas como a ventilação variável e o BIVENT tem se mostrado úteis em proporcionar recrutamento pulmonar.

Descritores: Manobras de Valsava. Respiração com Pressão Positiva, Síndrome do Desconforto Respiratório do Adulto. Respiração Artificial. Decúbito Ventral.

INTRODUÇÃO

A síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) representa um problema de saúde pública mundial, cursando, ainda hoje, com altas taxas de mortalidade. Apesar de inúmeras estratégias propostas, até o momento, a única terapia isolada que efetivamente modificou o prognóstico dos pacientes, com redução significativa nas taxas de morbimortalidade foi a estratégia ventilatória protetora, caracterizada pelo uso de baixo volume corrente (4 a 8 ml/kg)^{1,2}. Entretanto, essa estratégia pode facilitar o desrecrutamento alveolar e promover a abertura e fechamento cíclicos das unidades alveolares, que é tido como um dos mecanismos de promoção e exacerbação da lesão pulmonar³. Nesse contexto, diversas estratégias, que incluem desde modos ventilatórios à manobras específicas, têm sido propostas no intuito de minimizar o colapso alveolar e promover uma distribuição mais homogênea da ventilação. O uso das manobras de recrutamento (MR) objetiva

abrir unidades alveolares colapsadas, baseadas em um aumento transitório da pressão transpulmonar (P_{TP}) durante a ventilação mecânica^{4,5}.

Em contrapartida, as MR podem também exacerbar os danos às células epiteliais⁶ e endoteliais pulmonares⁷, aumentando a permeabilidade alvéolo-capilar, o que pode agravar a síndrome⁸.

O objetivo deste estudo é discutir as principais estratégias utilizadas na promoção de recrutamento alveolar nos pacientes com a SDRA, bem como, seus benefícios, indicações e limitações. Por fim, almeja aplicar os conceitos à prática clínica nos pacientes com SDRA.

MÉTODOS

Foi realizada ampla pesquisa no banco de dados da "National Library of Medicine" / *Pubmed* utilizando-se os seguintes unitermos e descritores, de forma isola-

1. Centro de Cirurgia Experimental, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ; 2. Laboratório de Investigação Pulmonar, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ; 3. Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG; 4. Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro – RJ; 5. Departamento de Cirurgia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ.

da ou em combinação: "Mechanical ventilation", "Acute respiratory Distress Syndrome", "Recruitment Manouvers", "Prone positioning", "Noisy ventilation", "positive end expiratory pressure". Foram selecionados os artigos de maior relevância, assim como trabalhos clássicos sobre ventilação mecânica na Síndrome do desconforto respiratório agudo. Foram incluídos na seleção artigos originais clínicos e experimentais, estudos multicêntricos e meta-análises. Procurou-se realizar uma análise crítica dos dados atuais disponíveis em relação ao uso das manobras de recrutamento na SDRA, bem como, seus benefícios, indicações e limitações.

Recrutamento pulmonar

O recrutamento objetiva promover reabertura de unidades alveolares colapsadas. Para tanto, podem ser utilizados diversas estratégias de ventilação mecânica, posicionamento do paciente e manobras específicas de recrutamento ou associação de um ou mais destes mecanismos.

Posicionamento em prona

A posição prona é um método relativamente simples e seguro para a melhora da oxigenação, que pode ser considerado como uma manobra de recrutamento em si, melhorando a troca gasosa, promovendo recrutamento alveolar, sem proporcionar áreas de hiperinsuflação^{2,9}.

Quando os pacientes são colocados em posição prona, a complacência da parede torácica diminui, e a P_{TP} se redistribui de dorsal para ventral e, como consequência, há um recrutamento das regiões dorsais pulmonares, o que reflete diretamente na melhora da oxigenação do paciente¹⁰⁻¹². Ao promover um maior equilíbrio da ventilação, associado ao recrutamento, a posição prona resulta também em uma melhor distribuição do fluxo sanguíneo¹³, prevenindo seu redirecionamento inapropriado das áreas hiperinsufladas para as colapsadas em resposta ao aumento da pressão média de vias aéreas e da pressão positiva ao final da expiração (PEEP)^{14,15}.

Além dos efeitos diretos, estudos demonstram que a ventilação em prona protege, ou ao menos retarda, o desenvolvimento da lesão associada à ventilação mecânica¹⁶, pois, ao proporcionar uma distribuição mais homogênea do gradiente de P_{TP} , há um redirecionamento da ventilação, tornando-a mais uniforme¹⁷, o que ajuda a estabelecer e a sustentar o recrutamento pulmonar em resposta a PEEP¹⁸, bem como, reduzindo hiperinsuflação alveolar¹⁹.

Os benefícios da posição prona aos pacientes com SDRA durante a ventilação mecânica foram comprovados por diversos estudos. Entretanto, a redução da taxa de mortalidade dos pacientes foi comprovada recentemente, no estudo PROSEVA, publicado em 2013²⁰. Os dados multicêntricos estabelecem que este posicionamento está fortemente indicado em pacientes com SDRA grave²⁰, que,

segundo a última definição de Berlim, de 2012, incluem os pacientes com relação PaO_2/FiO_2 inferior a 100mmHg²¹. Por outro lado, esses dados mostram com clareza que não existe vantagem deste posicionamento no que concerne ao aumento da sobrevida na SDRA leve (PaO_2/FiO_2 entre 200 e 300 mmHg)²⁰.

Com relação à SDRA moderada, os dados ainda são controversos. Fazendo-se uma análise mais detalhada dos últimos grandes estudos publicados^{20,22,23}, pode-se sugerir que o posicionamento em prona deve ser considerado para pacientes com PaO_2/FiO_2 abaixo de 150mmHg, quando estão sob uma PEEP superior a 5cmH₂O e FiO_2 superior a 0,6.

Outro ponto a ser considerado é sobre em qual estágio da SDRA devemos colocar o paciente na posição prona. Apesar de promover melhora efetiva na oxigenação após muitos dias do início da síndrome, os dados relativos à sobrevida sugerem que a melhor resposta está relacionada quando há um posicionamento precoce do paciente em prona²⁰. Este fato pode ser explicado pela presença de fatores em que a posição prona possui seu benefício mais evidenciado, como edema, áreas de colapso alveolar reversíveis e ausência de grandes alterações pulmonares estruturais. Além disso, o prona aplicado precocemente é mais efetivo em reduzir o risco de LPAV (lesão pulmonar associada ao ventilador) quando comparado aos estágios mais avançados, já que nestes, os danos já estão estabelecidos^{20,23}.

É importante ressaltar que, pelo simples fato do posicionamento em prona promover melhora significativa na oxigenação, acaba por reduzir a necessidade de outras intervenções ventilatórias, que podem ser iatrogênicas. Ademais, pode permitir a redução da fração inspirada de oxigênio (FiO_2) e da pressão de vias aéreas, reduzindo também a necessidade da infusão venosa de fluidos, e, assim, o risco de injúrias adicionais às membranas mecanicamente estressadas e a sobrecarga cardíaca.

Estratégias ventilatórias

Recentemente alguns modos ventilatórios não tradicionais têm sido indicados no intuito de promover recrutamento pulmonar. O modo de pressão positiva bifásica de vias aéreas (BIVENT) permite a ventilação com dois níveis de CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) – pressão alta (*Phigh*) e pressão baixa (*Plow*) e, associado ao PSV (*Pressure Support Ventilation*), resulta em elevação da pressão média das vias aéreas e, conseqüentemente, da P_{TP} ²⁴. Dessa forma, facilita a abertura de vias aéreas previamente colapsadas pelo gradiente de pressão instalado. Além disso, através do auxílio da ventilação espontânea com a contração diafragmática, há um aumento da ventilação das áreas póstero-inferiores dos pulmões e minimizando a pressão das vias aéreas^{24,25}.

A "ventilação variável", caracterizada por mudanças no volume corrente e na frequência respiratória,

ciclo a ciclo, simula a respiração de indivíduos normais. Estudos experimentais mostram que a ventilação variável leva à melhora da oxigenação, da mecânica respiratória e a redução do dano alveolar difuso²⁶⁻²⁸. Ao gerar diferentes valores de volumes, dentro de parâmetros biológicos, se atinge uma pressão crítica de abertura das vias aéreas colapsadas, seguida pela abertura das demais com menor pressão de abertura, levando à melhora na troca gasosa e redução do colapso alveolar^{29,30}.

Uma vez que essas estruturas possuem constantes de tempo distintos em diferentes regiões do pulmão, a ventilação mecânica com diferentes padrões de pressão e tempos inspiratórios pode ser útil para recrutar e estabilizar os pulmões, quando comparado a padrões ventilatórios regulares.

Manobras de recrutamento

A MR mais utilizada é a insuflação sustentada, caracterizada por um aumento abrupto da pressão das vias aéreas (40cm H₂O) durante um determinado tempo (até 60 segundos)³¹. A insuflação sustentada é eficaz em reduzir a atelectasia pulmonar³², melhorar a oxigenação³³ e a mecânica respiratória³³, prevenindo o desrecrutamento alveolar.

Entretanto, esta manobra requer altos fluxos inspiratórios e, quando aplicada a um parênquima pulmonar não homogêneo, pode proporcionar efeitos deletérios, predispondo a deformação alveolar durante a distensão pulmonar, contribuindo para a LPAV, inclusive com translocação bacteriana³⁴ e de citocinas para a circulação sistêmica³⁵. Outros estudos demonstraram que o benefício dessa manobra possui duração limitada, associado a alta instabilidade hemodinâmica, maior risco de baro/volutrauma³⁶, aumento da pressão intracraniana³⁷, e menor depuração do fluido alveolar⁸, resultando em má oxigenação³⁸ e graves consequências clínicas³⁶.

Uma manobra de recrutamento que pode ser considerada "mais fisiológica" é a interposição de incursões respiratórias mais largas durante a ventilação mecânica com volume corrente constante, mimetizando o suspiro observado durante a respiração normal de indivíduos saudáveis. Podem ser obtidos a partir de uma sequência de suspiros independentes ou consecutivos para alcançar uma pressão de platô alta, em um modo ventilatório controlado a volume ou a pressão ou por aumento periódico da PEEP durante alguns ciclos respi-

ratórios⁴. O suspiro contrabalança a tendência do colapso alveolar durante a ventilação com baixos volumes correntes, melhorando, desta forma, a função respiratória em pacientes com a síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) tanto no modo de ventilação controlado (VPC)⁴ quanto no modo de ventilação de suporte (PSV)³⁹, sendo que neste modo, modelos experimentais sugerem que o suspiro reduza o colapso alveolar e ajude a proteger o pulmão de LPAV⁴⁰.

Manobras de recrutamento gradual (*step*) têm se mostrado bastante eficientes quando aplicadas ao parênquima pulmonar heterogêneo, com diferentes constantes de tempo para a abertura das pequenas vias aéreas, promovendo assim, menor impacto biológico quando comparado ao aumento abrupto da pressão⁴¹. O *step* pode ser obtido através do aumento lento e gradual da PEEP ou também pelo aumento da pressão motriz inspiratória, até atingir-se um limite de pressão, em geral, 40cm H₂O. Além disso, no *step* existem menores repercussões hemodinâmicas, já que a pressão média alcançada durante essa manobra é menor⁴¹.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Que pacientes possuem melhor resposta às manobras de recrutamento?

As manobras de recrutamento (MR) não são isentas de riscos, e reduzir o número de pacientes expostos desnecessariamente, pode prevenir potenciais complicações. É importante ressaltar que, até o momento, nenhum estudo multicêntrico demonstrou, em termos de sobrevida, a superioridade do uso das MR associadas à estratégia protetora. Desta forma, seu uso deve ser sempre cauteloso e alguns pontos devem ser atentados. Quanto mais precoce ou exsudativa a fase da síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) melhor a chance de sucesso em resposta à MR comparada a uma fase mais tardia ou fibrótica⁴². Pacientes com SDRA de etiologia extrapulmonar possuem melhor resposta ao recrutamento^{41,43}, sendo assim, os com alterações difusas em exames de imagem têm melhor chance de sucesso à MR do que aqueles com alterações focais³. Pacientes com SDRA grave respondem melhor a MR¹⁹ e a alta elastância do sistema respiratório está associada com melhor resposta ao recrutamento em estudos clínicos¹⁹, por outro lado, quando houver elastância de parede torácica baixa, a resposta à MR será pior⁴².

A B S T R A C T

Supporting patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS), using a protective mechanical ventilation strategy characterized by low tidal volume and limitation of positive end-expiratory pressure (PEEP) is a standard practice in the intensive care unit. However, these strategies can promote lung de-recruitment, leading to the cyclic closing and reopening of collapsed alveoli and small airways. Recruitment maneuvers (RM) can be used to augment other methods, like positive end-expiratory pressure and positioning, to improve aerated lung volume. Clinical practice varies widely, and the optimal method and patient selection for recruitment maneuvers have not been determined, considerable uncertainty remaining regarding the appropriateness of RM. This review aims to discuss recent findings about the available types of RM, and compare the effectiveness, indications and adverse effects among them, as well as their impact on morbidity and mortality in ARDS patients. Recent developments include experimental and clinical evidence that a stepwise extended recruitment maneuver may cause an improvement in aerated lung volume and decrease the biological impact seen with the traditionally used sustained inflation, with less adverse effects. Prone positioning can reduce mortality in severe ARDS patients and may be an useful adjunct to recruitment maneuvers and advanced ventilatory strategies, such as noisy ventilation and BIVENT, which have been useful in providing lung recruitment.

Key words: Valsava Maneuver. Positive-Pressure Respiration. Respiratory Distress Syndrome, Adult. Respiration, Artificial. Prone Position.

REFERÊNCIAS

- Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GP, Lorenzi-Filho G, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 1998;338(6):347-54.
- Tonelli AR, Zein J, Adams J, Ioannidis JP. Effects of interventions on survival in acute respiratory distress syndrome: an umbrella review of 159 published randomized trials and 29 meta-analyses. *Intensive Care Med.* 2014;40(6):769-87.
- Pelosi P, Goldner M, McKibben A, Adams A, Eccher G, Caironi P, et al. Recruitment and derecruitment during acute respiratory failure: an experimental study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001;164(1):122-30.
- Pelosi P, Cadringer P, Bottino N, Panigada M, Carrieri F, Riva E, et al. Sigh in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;159(3):872-80.
- Tremblay LN, Slutsky AS. Ventilator-induced lung injury: from the bench to the bedside. *Intensive Care Med.* 2006;32(1):24-33.
- Silva PL, Moraes L, Santos RS, Samary C, Ornellas DS, Maron-Gutierrez T, et al. Impact of pressure profile and duration of recruitment maneuvers on morphofunctional and biochemical variables in experimental lung injury. *Crit Care Med.* 2011;39(5):1074-81.
- Silva PL, Cruz FF, Fujisaki LC, Oliveira GP, Samary CS, Ornellas DS, et al. Hypervolemia induces and potentiates lung damage after recruitment maneuver in a model of sepsis-induced acute lung injury. *Crit Care* 2010;14(3):R114.
- Constantin JM, Cayot-Constantin S, Roszyk L, Futier E, Sapin V, Dastugue B, et al. Response to recruitment maneuver influences net alveolar fluid clearance in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology.* 2007;106(5):944-51.
- Cornejo RA, Díaz JC, Tobar EA, Bruhn AR, Ramos CA, González RA, et al. Effects of prone positioning on lung protection in patients with acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013;188(4):440-8.
- Gattinoni L, Pelosi P, Vitale G, Pesenti A, D'Andrea L, Mascheroni D. Body position changes redistribute lung computed-tomographic density in patients with acute respiratory failure. *Anesthesiology.* 1991;74(1):15-23.
- Gattinoni L, Pesenti A, Carlesso E. Body position changes redistribute lung computed-tomographic density in patients with acute respiratory failure: impact and clinical fallout though the following 20 years. *Intensive Care Med.* 2013;39(11):1909-15.
- Wilson JG, Matthay MA. Mechanical ventilation in acute hypoxemic respiratory failure: a review of new strategies for the practicing hospitalist. *J Hosp Med.* 2014;9(7):469-75.
- Petersson J, Ax M, Frey J, Sánchez-Crespo A, Lindahl SG, Mure M. Positive end-expiratory pressure redistributes regional blood flow and ventilation differently in supine and prone humans. *Anesthesiology.* 2010;113(6):1361-9.
- Lamm WJ, Graham MM, Albert RK. Mechanism by which the prone position improves oxygenation in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994;150(1):184-93.
- Richter T, Bellani G, Scott Harris R, Vidal Melo MF, Winkler T, Venegas JG, et al. Effect of prone position on regional shunt, aeration, and perfusion in experimental acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2005;172(4):480-7.
- Slutsky AS, Ranieri VM. Ventilator-induced lung injury. *N Engl J Med.* 2013;369(22):2126-36. Erratum in: *N Engl J Med.* 2014;370(17):1668-9.
- Mentzelopoulos SD, Roussos C, Zakyntinos SG. Prone position reduces lung stress and strain in severe acute respiratory distress syndrome. *Eur Respir J.* 2005;25(3):534-44.
- Rival G, Patry C, Floret N, Navellou JC, Belle E, Capellier G. Prone position and recruitment manoeuvre: the combined effect improves oxygenation. *Crit Care.* 2011;15(3):R125.
- Galiatsou E, Kostanti E, Svarna E, Kitsakos A, Koulouras V, Efremidis SC, et al. Prone position augments recruitment and prevents alveolar overinflation in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2006;174(2):187-97.
- Guérin C, Reignier J, Richard JC, Beuret P, Gacouin A, Boulain T, et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2013;368(23):2159-68.
- ARDS Definition Task Force, Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, Ferguson ND, Caldwell E, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA.* 2012;307(23):2526-33.
- Sud S, Friedrich JO, Taccone P, Polli F, Adhikari NK, Latini R, et al. Prone ventilation reduces mortality in patients with acute respiratory failure and severe hypoxemia: systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2010;36(4):585-99.
- Lee JM, Bae W, Lee YJ, Cho YJ. The efficacy and safety of prone positional ventilation in acute respiratory distress syndrome: updated study-level meta-analysis of 11 randomized controlled trials. *Crit Care Med.* 2014;42(5):1252-62.
- Saddy F, Moraes L, Santos CL, Oliveira GP, Cruz FF, Morales MM, et al. Biphasic positive airway pressure minimizes biological impact on lung tissue in mild acute lung injury independent of etiology. *Crit Care.* 2013;17(5):R228.
- Saddy F, Oliveira GP, Garcia CS, Nardelli LM, Rzezinski AF, Ornellas DS, et al. Assisted ventilation modes reduce the expression of lung inflammatory and fibrogenic mediators in a model of mild acute lung injury. *Intensive Care Med.* 2010;36(8):1417-26.

26. Funk DJ, Graham MR, Girling LG, Thliveris JA, McManus BM, Walker EK, et al. A comparison of biologically variable ventilation to recruitment manoeuvres in a porcine model of acute lung injury. *Respir Res.* 2004;5:22.
27. Spieth PM, Carvalho AR, Pelosi P, Hoehn C, Meissner C, Kasper M, et al. Variable tidal volumes improve lung protective ventilation strategies in experimental lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2009;179(8):684-93.
28. Bellardine CL, Hoffman AM, Tsai L, Ingenito EP, Arold SP, Lutchen KR, et al. Comparison of variable and conventional ventilation in a sheep saline lavage lung injury model. *Crit Care Med.* 2006;34(2):439-45.
29. Suki B, Barabási AL, Hantos Z, Peták F, Stanley HE. Avalanches and power-law behaviour in lung inflation. *Nature.* 1994;368(6472):615-8.
30. Mutch WA, Harms S, Ruth Graham M, Kowalski SE, Girling LG, Lefevre GR. Biologically variable or naturally noisy mechanical ventilation recruits atelectatic lung. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;162(1):319-23.
31. Fan E, Wilcox ME, Brower RG. Recruitment maneuvers for acute lung injury: a systematic review. *Am J Respir Crit Care Med.* 2008;178(11):1156-63.
32. Farias LL, Faffe DS, Xisto DG, Santana MC, Lassance R, Prota LF, et al. Positive end-expiratory pressure prevents lung mechanical stress caused by recruitment/derecruitment. *J Appl Physiol* (1985). 2005;98(1):53-61.
33. Lapinsky SE, Aubin M, Mehta S, Boiteau P, Slutsky AS. Safety and efficacy of a sustained inflation for alveolar recruitment in adults with respiratory failure. *Intensive Care Med.* 1999;25(11):1297-301.
34. Cakar N, Akinci O, Tugrul S, Ozcan PE, Esen F, Eraksoy H, et al. Recruitment maneuver: does it promote bacterial translocation? *Crit Care Med.* 2002;30(9):2103-6.
35. Halbertsma FJ, Vaneker M, Pickkers P, Neeleman C, Scheffer GJ, Hoeven van der JG. A single recruitment maneuver in ventilated critically ill children can translocate pulmonary cytokines into the circulation. *J Crit Care.* 2010;25(1):10-5.
36. Meade MO, Cook DJ, Griffith LE, Hand LE, Lapinsky SE, Stewart TE, et al. A study of the physiologic responses to a lung recruitment maneuver in acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *Respir Care.* 2008;53(11):1441-9.
37. Bein T, Kuhr LP, Bele S, Ploner F, Keyl C, Taeger K. Lung recruitment maneuver in patients with cerebral injury: effects on intracranial pressure and cerebral metabolism. *Intensive Care Med.* 2002;28(5):554-8.
38. Musch G, Harris RS, Vidal Melo MF, O'Neill KR, Layfield JD, Winkler T, et al. Mechanism by which a sustained inflation can worsen oxygenation in acute lung injury. *Anesthesiology.* 2004;100(5):323-30.
39. Patroniti N, Foti G, Cortinovis B, Maggioni E, Bigatello LM, Cereda M, et al. Sigh improves gas exchange and lung volume in patients with acute respiratory distress syndrome undergoing pressure support ventilation. *Anesthesiology.* 2002;96(4):788-94.
40. Moraes L, Santos CL, Santos RS, Cruz FF, Saddy F, Moraes MM, et al. Effects of sigh during pressure control and pressure support ventilation in pulmonary and extrapulmonary mild acute lung injury. *Crit Care.* 2014;18(4):474.
41. Silva PL, Moraes L, Santos RS, Samary C, Ramos MB, Santos CL, et al. Recruitment maneuvers modulate epithelial and endothelial cell response according to acute lung injury etiology. *Crit Care Med.* 2013;41(10):e256-65.
42. Grasso S, Mascia L, Del Turco M, Malacarne P, Giunta F, Brochard L, et al. Effects of recruiting maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome ventilated with protective ventilatory strategy. *Anesthesiology.* 2002;96(4):795-802.
43. Foti G, Cereda M, Sparacino ME, De Marchi L, Villa F, Pesenti A. Effects of periodic lung recruitment maneuvers on gas exchange and respiratory mechanics in mechanically ventilated acute respiratory distress syndrome (ARDS) patients. *Intensive Care Med.* 2000;26(5):501-7.

Recebido em 20/03/2014

Aceito para publicação em 20/05/2014

Conflito de interesse: nenhum

Fonte de financiamento: nenhuma

Endereço para correspondência:

Cíntia Lourenço Santos

E-mail:cintialsvet@gmail.com