

Protocolos de Recrutamento Alveolares em pacientes portadores da Síndrome Angústia Respiratória

Alveolars Recruitment Protocols in patients with Acute Respiratory Distress Syndrome

Flávia C. Pereira¹; Fernanda Simonini²; Marcelo Pereira²; Valderes Silva²; Vicente Sanches³; Eduardo C. Tavares⁴

¹Fisioterapeuta da Unidade de Terapia Intensiva neonatal do Hospital João Penido da rede Hospitalar FHEMIG; ²Fisioterapeuta pela Universidade Gama Filho; ³Fisioterapeuta pela Universidade Presidente Antonio Carlos, acadêmico do 2º ano de Medicina da UNIPAC/ Juiz de Fora; ⁴Doutor em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG.

Resumo A síndrome de angústia respiratória aguda (SARA) pode ser compreendida por alterações pulmonares e mecânicas, entretanto, vários estudos têm demonstrado estratégias que reduzem essas alterações e diminuem a mortalidade.

Dentre as estratégias utilizadas no manejo da SARA, evidenciam-se a combinação da relação P-V (Pressão – Volume) e pressão expiratória final (PEEP). Essa relação simultaneamente garante um recrutamento pulmonar adequado, e evita lesão pulmonar, enquanto se obtém uma troca gasosa e oferta de oxigênio adequadas. Neste estudo constam sete protocolos com manobras de recrutamento (MR) utilizadas na SARA.

Todos foram randomizados. A amostragem variou com o estudo: 1 com 3 pacientes, 3 pesquisas com 5 pacientes, 1 com 17 pacientes, 1 estudo com 7 pacientes com SARA e 11 indivíduos saudáveis. As formas de estudo utilizadas nas pesquisas foram Tomografia Computadorizada e o Pneumotógrafo. As variáveis analisadas nos estudos foram: PEEP, FIO₂, SO₂, índice de oxigenação, complacência estática, pressão de pico, pressão de platô, volume expirado e frequência respiratória.

Os dados corroboram diferentes pressões inspiratórias, variando de 30 a 54 cm H₂O e PEEP de 15 a 40 cm H₂O, todavia, existem poucos relatos em relação à frequência das manobras e permanência dos seus efeitos.

Os resultados apresentados demonstraram variação de acordo com os protocolos usados, devido os diferentes níveis de pressão inspiratória e PEEP. Entretanto todos os estudos apresentam resultados satisfatórios como; melhora da PaO₂, diminuição da complacência, pressão de pico, aumento do volume pulmonar e saturação arterial de oxigênio.

Palavras-chave Insuficiência Respiratória, Síndrome do Desconforto Respiratório do Adulto, Respiração com Pressão Positiva, Terapia Respiratória.

Abstract Acute respiratory distress syndrome (ARDS) can be understood by pulmonary and mechanical alterations. However, several studies have shown strategies that can reduce both the alterations and the mortality.

Among the strategies in the management of ARDS, it is evident the combination of P-V (Pressure – Volume), and the positive end expiratory pressure (PEEP) relation. This relation simultaneously guarantees an adequate pulmonary recruitment, and avoids pulmonary injury while obtaining an adequate gas exchange and oxygen delivery. This study consisted in seven protocols with recruitment maneuvers (RM) used in ARDS.

All studies were randomized. The sample changed throughout the study: 1 study with 3 patients, 3 researches with 5 patients, 1 with 17 patients, 1 study with 7 patients with acute respiratory distress syndrome and 11 healthy individuals. Computed Tomography (CT) and Pneumotachograph were the methods used to perform the study. The variables analyzed were: PEEP, FIO₂, SO₂, oxygenation index, static complacency, peak pressure, plateau pressure, volume exhaled, and respiratory rate.

The facts corroborated peculiar inspiratory pressures ranging from 30 to 54 cmH₂O, and PEEP from 15 to 40 cmH₂O. However, there are few reports regarding the frequency of the maneuvers and the length of its effects. The results presented have shown variation according to the protocols used due to peculiar levels of inspiratory pressure and PEEP. However, all of the studies present satisfactory results as PaO₂ improvement, complacency and peak pressure reduction, and pulmonary volume and arterial oxygen saturation increase.

Keywords Respiratory failure, Acute Respiratory Distress Syndrome, Positive Pressure Breathing, Respiratory Therapy

INTRODUÇÃO

Desde a sua primeira descrição, a Síndrome da Angústia Respiratória Aguda (SARA) foi reconhecida como uma condição caracterizada pela redução do volume pulmonar e anormalidades mecânicas do sistema respiratório^{1,12,24,28,30}. Os mecanismos patofisiológicos envolvidos na SARA (desequilíbrio ventilação perfusão e reduzida distensibilidade, edema pulmonar, atelectasia e inflamação pulmonar)^{16,2,27,29,32}, podem ser piorados pelas tensões mecânicas causadas por regulagens inapropriadas do ventilador. Todavia tanto a superdistensão dos alvéolos normais como a abertura e fechamento de alvéolos colapsados contribuem para um componente de uma lesão pulmonar progressiva que se origina não apenas do processo da doença em si, mas também do impacto dos padrões do ventilador aplicados durante o curso da doença^{2, 13,17,20}.

Um grande desafio é aplicar pressão suficiente para manter o pulmão totalmente recrutado sem aumentar a tensão aplicada ao tecido, pois uma distensão pulmonar excessiva pode resultar em dano pulmonar^{3,4,21,31}. Diversas técnicas têm sido utilizadas numa tentativa de se conseguir esses difíceis objetivos, cada uma reconhecendo que o recrutamento depende não só da magnitude da pressão transpulmonar, mas também da duração de sua aplicação^{5-11,25,26}.

Existem inúmeros protocolos utilizados para a manobra de recrutamento alveolar. Nos protocolos serão pesquisados os níveis de pressões inspiratórias usadas, o nível de PEEP ideal, o tempo utilizado da manobra, a frequência realizada, e a permanência dos seus efeitos.

ESTRUTURALIZAÇÃO

Gattinoni et al relataram que pacientes com SARA tinham reduzido distensibilidade pulmonar e uma acentuada heterogeneidade com a coexistência de zonas lesadas e sadias, entretanto a dificuldade do tratamento desta síndrome é o recrutamento de áreas colapsadas evitando a super distensão das unidades alveolares normais^{22,23,25}. Desta forma, os estudos corroboram para uma tentativa de otimizar o recrutamento das unidades alveolares. Nestas perspectivas, protocolos abordam técnicas diferenciadas.

Na Tabela 1, estão descritos os trabalhos por autor, variáveis, métodos utilizados, tamanhos da amostra, tipo de estudo, resumo dos resultados e forma do estudo.

PROTÓCOLO 1: (Guillermo Bugedo et al)¹⁵

1.1- Os autores estudaram 5 pacientes com SARA em ventilação mecânica (VM) a volume controlado com PEEP inicial de 10 a 14 cmH₂O. A PEEP era reduzida a zero e a FiO₂ aumentada para manter a saturação a cima de 90%. Em seguida a PEEP era aumentada em etapas de 5 cmH₂O até 30-40 cmH₂O. A tomografia computadorizada (TC) era realizada com a PEEP de 5,10,15,20,25,30,35,40 cmH₂O respectivamente, após 30-40 segundos em cada nível de PEEP. Quando usava alto nível de PEEP era diminuído o volume corrente e a FR aumentada.

RESULTADOS: aumento do volume pulmonar (> do lado direito), ocorreu diminuição da saturação com PEEP de zero.

1.2 -Cinco pacientes eram ventilados a pressão controlada (pr 20 cmH₂O) com PEEP 10 cm H₂O .A PEEP era aumentada para,10,20 e 30 cmH₂O. A TC era realizada no final da inspiração e expiração. RESULTADOS: aumento do volume pulmonar, PaO₂/FiO₂ e pressão média na via aérea (MAP).O maior recrutamento com PEEP de 20 e 30 cmH₂O.Aumentando a PEEP para 20 e 30, comparado com a PEEP de 10, diminui o tecido não aerado de 16.2+/-28% e

33.4+/-13.8% respectivamente (p<0.05)

PROTÓCOLO 2: (Luciano Gattiononi)²⁹

Cinco pacientes em VM a pressão controlada, com pressão de platô entre 30 a 45 cmH₂O. A PEEP era aumentada de 5 em 5 cmH₂O até 20 cmH₂O. A PEEP era associada com pressão de platô de 30-45 cmH₂O no Maximo. A TC era realizada na inspiração e expiração.

RESULTADOS: Com PI 30 cmH₂O houve recrutamento completo nos níveis 4-7 do pulmão e com PI de 35 cmH₂O o recrutamento atingiu os níveis de 8-10 da região pulmonar.

PROTÓCOLO 3: (Salvatore Grasso et al)¹⁸

Foram avaliados, através do pneumotógrafo, 22 pacientes excluindo edema agudo de pulmão cardiogênico, IA, angina, DPOC. Os pacientes eram ventilados a um volume de 6 ml/Kg e PEEP de acordo com PEEP ideal. A manobra de recrutamento (MR) foi realizada com uma PI de 40 cmH₂O durante 40 segundos e um tempo inspiratório (TI) de 5 segundos

RESULTADOS: 20 minutos após a MR houve aumento da PaO₂/FiO₂ em 20+/-3%, aumento do volume pulmonar, diminuição pressão arterial média (PAM) em 31+/-2 para 19+/-3%. Todas as variáveis retornaram ao seu valor basal após 20 minutos

PROTÓCOLO 4: (Ana Vilagra et al)³³

17 pacientes na fase inicial da SARA com 72 horas de VM e 8 pacientes na fase final da SARA com sete dias de VM, ambos com idades entre 37-78 anos e ventilados a volume controlado (VCV) com volume <8 ml/Kg.

O nível de PEEP utilizada era de 3-4 pontos acima do ponto de inflexão da curva P-V. A PI era calculada de acordo com a PEEP utilizada, limitando a pressão de pico em 55 cmH₂O. A MR era usada por 2 minutos. Após a realização as manobra, os pacientes eram ventilados no modo VCV e a PEEP diminuída do nível utilizado na manobra para o nível de PEEP antes da manobra. A PEEP era diminuída de 2 em 2 cmH₂O.

RESULTADOS: aumento da complacência, diminuição da pressão de platô, aumento da oxigenação, aumento do volume expiratório final na SARA primária, não houve efeito significativo na SARA secundária.

A PaCO₂ e pH aumentou durante a MR, porém retornou ao basal na SARA primária e manteve aumentado na SARA secundária. Houve também aumento da PaO₂/FiO₂ em 20%. Promove mudança na V/P (r=0.85; p<0.01). Após 15 minutos a melhora da oxigenação não era mantida.

PROTÓCOLO 5: (Richard et al)¹⁴

O estudo foi dividido em 3 partes. Na primeira, parte foi estudada 15 pacientes. Eles eram ventilados no modo VCV com volume de 10 ml/Kg e 6 ml/Kg. A manobra de recrutamento era realizada apenas com a PEEP ideal.

A segunda, parte foram estudados 10 pacientes. A MR usada era com a PEEP ideal de acordo com a curva P-V e com uma PI que atingisse um limite de 45 cmH₂O. A MR foi realizada 2x, por durante 15 segundos.

Na terceira parte, foram estudados 10 pacientes onde houve um aumento da PEEP de 4 em 4 cm H₂O, até atingir o nível PEEP ideal, calculado pela curva P-V para cada paciente.

Resultados: 1ª Parte: A PACO₂ era alta no LVT, os parâmetros hemodinâmicos não eram afetados pela diferença de volume, a MR com LVT era de 69% para 15 cm H₂O e 59% para 30 cmH₂O. A PAO₂ e PAO₂/FIO₂ não era significativamente alterados em

ambos os volumes, e a saturação era menor com LVT.

2ª Parte: A manobra de recrutamento aumentou significativamente o recrutamento (175 +/- 108 ml x 254 +/- 137ml) porem não foi significativo no CVT (266 +/- 157 ml x 264 +/- 120 ml).

3ª Parte: O aumento da PEEP induz o aumento no recrutamento em ambos VT, CVT e LVT, porém a diferença não foi significativa.

PROTOCOLO 6: (Schreiter et al)³⁴

Eram envolvidos 17 pacientes no estudo com trauma torácico desenvolvendo SARA. Neste estudo a manobra de recrutamento utilizada era: PEEP 18-26 cmH2O e altas pressões inspiratórias, que era calculado de acordo com o nível de PEEP, não deixando ultrapassar uma pressão de pico de 80 cmH2O.

Era realizado TC antes e depois da MR, para avaliar a abertura pulmonar de alvéolos colapsados através do volume pulmonar, aeração pulmonar e colapso.

Resultados: Ocorreu um aumento da PaO2/FiO2, do volume pulmonar de 2915 ml para 4247 ml, volume aerado subiu de 1742 ml para 2971 ml. A atelectasia diminuiu de 604 ml para 106 ml. A hiperinsuflação aumentou de 5 ml para 62 ml.

PROTOCOLO 7: (L. Puybasset et al)¹⁹

71 pacientes com SARA (primária em 49 pacientes, secundária em 20 pacientes e ambas em 2 pacientes, sendo que os pacientes com SARA primária eram mais jovens e mais hipoxêmicos do que aqueles com SARA secundária) e 11 voluntários sadios. A morfologia pulmonar e os parâmetros cardiorespiratórios foram medidos com a PEEP em zero ao final da expiração (ZEEP). Todos os pacientes foram ventilados em VCV com FiO2 de 1.0% e PEEP de 10 cm H2O, foi então realizada TC.

RESULTADOS: A PEEP aumentou significativamente a PaO2, a diferença de oxigênio arteriovenosa, a pressão atrial e a pressão de cunha dos capilares pulmonares e diminuiu o Qs/Qt, a PaCO2 e o índice cardíaco. O recrutamento alveolar induzido pela PEEP foi similar nos lobos superiores e inferiores, sendo que em 26 pacientes (54%), o recrutamento alveolar induzido pela PEEP esteve associado com superdistensão alveolar induzida pela PEEP, essa superdistensão foi observada nos lobos superiores.

DISCUSSÃO

A SARA é uma das importantes causas da insuficiência respiratória aguda em pacientes graves internados na UTI.

A fisiopatologia é muito complexa e estão envolvidos vários fatores como, os mediadores inflamatórios, não imunológicos, alterações de coagulação, alterações de tensão superficial, toxicidade pelo O2, lesões de pequenas vias aéreas, lesões consequentes à ventilação mecânica. Essas alterações variam com o decorrer do tempo, entre o inicio e o final da doença.

A gravidade da SARA tem resultado na busca de diversos tratamentos, com o objetivo de melhora de troca gasosa, saturação O2, PAO2/FiO2, mecânica pulmonar.

As manobras de recrutamento utilizada neste estudo apresentam controvérsias em vários aspectos, como, a melhor pressão inspiratória, a PEEP ideal, o tempo utilizado na manobra. Gattoni relatou que a PEEP 0-15, promovia desrecrutamento, POVOA.P, demonstrou que PEEP 13+-4cmH2O promovia colapso alveolar e PEEP 36+-9cmH2O promovia recrutamento, Guilhermino, demonstrou resultados satisfatórios com PEEP 30-40. Para Salvador que utilizou PEEP ideal, os efeitos das manobras duraram apenas 20 minutos. Ana Vilagra também utilizou PEEP ideal e relatou que os efeitos duraram apenas 15 minutos. Cremer et al

Protocolo de Recrutamento Alveolar em pacientes portadores de Síndrome da Angústia Respiratória Aguda

AUTOR	MÉTODOS	VARIÁVEIS	GRUPO DE AMOSTRA	FORMA DO ESTUDO	CONCLUSÃO
1.1-Guillermo Bugedo et al	VCV ↓ PEEP:0-40 cmH2O	PEEP; FiO2; Saturação	05	TC	Aumento do volume pEEP=0= desaturação
1.2-Guillermo Bugedo et al	PCV ↓ PI=20cmH2O PEEP=10-30 cmH2O	Índice de oxigenação e complacência estática	05	TC	Aumento do volume pulmonar, PaO2 e PaO2/FiO2; diminuição da complacência estática
2-Luciano Gattiononi	PCV ↓ PI=30-40 cm H2O PEEP=5-20 cm H2O	PEEP; P platô; PI	05	TC	Recrutamento ocorreu por completo no nível 4 e 7 do pulmão com PI=30; nível de 8-10 com PI=45. Desrecrutamento: PEEP=0-15 cmH2O
3-Salvatore Grasso et al	VCV→PCV PI=40 cm H2O PEEP calculada	PEEP; FiO2; Saturação e PaO2.	22	Pneumotógrafo	Aumento PaO2/FiO2, volume, diminuição da PAM. O efeito da manobra durou 20 minutos.
4-Ana Vilagra et al	VCV<8ml/Kg ↓ PCV PEEP ideal P pico até 55 cmH2O	PEEP, PI e P pico	17 (VM: 72 hs) 8 (VM: 7 dias)	-----	Aumento complacência, oxigenação, PaCO2, PH e PaO2/FiO2. Diminuição da P platô.
5-Richard	VCV 10 ml e 6 ml. 2ª parte: MR, Pr. Insp de 45 cm H2O durante 15 Seg duas vezes. 3ª Parte. Aumento da PEEP de 4 em 4 cm H2O até a PEEP ideal.	Pao2, Pao2/FiO2, Sat, vol. Expirado, gases sanguíneos.	1ª Parte: 15 pacientes 2ª 10 Pacientes 3ª Parte 10 pacientes	-----	1ª Parte: Aumento da PaCO2 no LVT e Diminuição da SAT O2. 2ª Parte: Aumento significante do recrutamento em LVT. 3ª Parte: Recrutamento em ambos LVT e CVT
6- Schreite et al	PEEP 18-26 PI alta com limite até 80	PEEP, FiO2, PaO2/FiO2, SatO2 Volume pulmonar, atelectassia	17	TC	Aumento, volume pulmonar, volume aerado, da hiperinsuflação, diminuição da atelectassia.
7-L. Puybasset et al	VCV PEEP 10 cm H2O FiO2 de 1	PEEP	71 com SARA 11 sadios	TC	↑PaO2, diferença, de O2, arteriovenosa, pressão atrial, ↓ PaCO2, Qs/QT e índice cardíaco.

Esta tabela traz todas as informações sobre os protocolos de recrutamento alveolar, com tipo de estudo randomizado.

seus estudos relata que o valor de PEEP ideal deveria se de acordo com a pressão de fechamento dos alvéolos, e não de acordo com a pressão de abertura, pois os alvéolos fecham-se mais rápidos do que abrem. Assim a utilização do L-plex subestimar a PEEP, promovendo o menor recrutamento.

A pressão inspiratória (PI) e a pressão de platô variaram, também entre os autores, Salvador utilizou PI até 40 cmH₂O durante 40 segundos, Ana Vilagra utilizou PI até 55 cmH₂O durante 2 minutos, POVOA.P usou pressão de platô até 60 cmH₂O, Gattinoni relatou que PI 30-35 promovia recrutamento entre os níveis pulmonares de 4-10.

CONCLUSÃO

As sugestões citadas nos presentes estudos para o tratamento de pacientes com SARA propõem realizar a manobra de recrutamento alveolar a níveis sugeridos como seguros.

Dentre os estudos apresentados não houve um consenso para definir qual o melhor modo ventilatório, valor de PEEP, PI, duração e número de repetição de cada manobra, pois cada estudo foi realizado com variáveis e valores diferentes.

Concluimos que a pressão positiva ao final da expiração (PEEP) é considerada como um meio essencial para reverter a hipoxemia refratária resultante da síndrome da angústia respiratória aguda (SARA). Todavia, seu nível ideal é assunto de controvérsias.

Referências bibliográficas

1. Ashbaugh DG, Bigelow DB, Petty TL, Levine BE. Acute respiratory distress in adults. *Lancet* 1967 Aug;2(7511):319-23.
2. Pelosi P, D'Andrea L, Vitale G, Pesenti A, Gattinoni L. Vertical gradient of regional lung inflation in adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1994 Jan;149(1):8-13.
3. Kolobow T, Moretti MP, Fumagalli R, Mascheroni D, Prato P, Chen V, et al. Severe impairment in lung function induced by high peak airway pressure during mechanical ventilation. An experimental study. *Am Rev Respir Dis* 1987 Feb;135(2):312-5.
4. Dreyfuss D, Soler P, Basset G, Saumon G. High inflation pressure pulmonary edema. Respective effects of high airway pressure, high tidal volume, and positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis* 1988 May;137(5):1159-64.
5. 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 Nov;25(11):1297-301.
6. 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 May;26(5):501-7.
7. Pelosi P, Candringher P, Bottino N, Panigada M, Carrieri F, Riva E, Lissoni A, Gattinoni L. Sigh in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1999 Mar;159(3):872-80.
8. Fujino Y, Goddon S, Dolhnikoff M, Hess D, Amato MB, Kacmarek RM. Repetitive high-pressure recruitment maneuvers required to maximally recruit lung in a sheep model of acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2001;29(8):1579-86.
9. Rimesberger PC, Pache JC, McKerlie C, Frndova H, Cox PN. Lung recruitment and lung volume maintenance: a strategy for improving oxygenation and preventing lung injury during both conventional mechanical ventilation and high-frequency oscillation. *Intensive Care Med* 2000 Jun;26(6):745-55.
10. Lim CM, Koh Y, Park W, Chin JY, Shin TS, Lee SD, et al. Mechanistic scheme and effect of "extended sigh" as a recruitment maneuver in patients with acute respiratory distress syndrome: a preliminary study. *Crit Care Med* 2001 Jun;29(6):1255-60.
11. Marini JJ. Efficacy of lung recruiting maneuvers: it's all relative. *Crit Care Med* 2003 Feb;31(2):641-2.

12. Lachmann B. Open up the lung and keep the lung open. *Intensive Care Med* 1992;18(6):319-21.
13. Kunst PW, Bohm SH, Vazquez de Anda G, Amato MB, Lachmann B, Postmus PE, et al. Regional pressure volume curves by electrical impedance tomography in a model of acute lung injury. *Crit Care Med* 2000 Jan;28(1):178-83.
14. Maggiore SM, Jonson B, Richard JC, Jaber S, Lemaire F, Brochard L. Alveolar derecruitment at decremental positive end-expiratory pressure levels in acute lung injury: comparison with the lower inflection point, oxygenation, and compliance. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 Sep;164(5):795-801.
15. Bugedo G, Bhrun A, Hernández G, Rojas G, Varela C, Tapia JC, et al. Lung computed tomography during a lung recruitment maneuver in patients with acute lung injury. *Intensive Care Med* 2003 Feb;29(2):218-25.
16. Brismar B, Hedenstierna G, Lundquist H, Strandberg A, Svensson L, Tokics L. Pulmonary densities during anesthesia with muscular relaxation: a proposal of atelectasis. *Anesthesiology* 1985 Apr;62(4):422-8.
17. Puybasset L, Cluzel P, Chao N, Slutsky AS, Coriat P, Rouby JJ. A computed tomography scan assessment of regional lung volume in acute lung injury. The CT Scan ARDS Study Group. *Am J Respir Crit Care Med* 1998 Nov;158(5 pt 1):1644-55.
18. 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 Apr;96(4):795-802.
19. Puybasset L, Gusman P, Muller JC, Cluzel P, Coriat P, Rouby JJ. Regional distribution of gas and tissue in acute respiratory distress syndrome. III Consequences for the effects of positive pressure end-expiratory pressure. CT Scan ARDS Study Group. *Adult Respiratory Distress Syndrome. Intensive Care Med* 2000 Sep;26(9):1215-27.
20. Vieira SR, Puybasset L, Richecoeur J, Lu Q, Cluzel P, Gusman PB, et al. A lung computed tomographic assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung overdistension. *Am J Respir Crit Care Med* 1998 Nov;158(5 Pt 1):1571-7.
21. Jonson B, Richard JC, Straus C, Mancebo J, Lemaire F, Brochard L. Pressure-volume curves and compliance in acute lung injury: evidence of recruitment above the lower inflection point. *Am J Respir Crit Care Med* 1999 Apr;159(4 Pt 1):1172-8.
22. Pesenti A, Tagliabue P, Patroniti N, Fumagalli R. Computerised tomography scan imaging in acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 2001 Apr;27(4): 631-9.
23. Richard JC, Maggiore SM, Jonson B, Mancebo J, Lemaire F, Brochard L. Influence of tidal volume on alveolar recruitment. Respective role of peep and a recruitment maneuver. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 Jun;163(7):1609-13.
24. Kiiski R, Takala J, Kari A, Milic-Emili J. Effect of tidal volume on gas exchange and oxygen transport in the adult respiratory distress syndrome. *Am Rev Respir Dis* 1992 Nov;146(5 Pt 1):1131-5.
25. Villagra A, Ochagavia A, Vatua S, Murias G, Del Mar Fernandez M, Lopez Aguilar J, et al. Recruitment maneuvers during lung protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2002 Jan;165(2):165-70.
26. Mas A, Saura P, Joseph D, Blanch L, Baigorri F, Artigas A, et al. Effect of acute moderate changes in PaCO₂ on global hemodynamics and gastric perfusion. *Crit Care Med* 2000 Feb;28(2):360-5.
27. 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 Apr;96(4):795-802.
28. Goddon S, Fujino Y, Hromi JM, Kacmarek RM. Optimal mean airway pressure during high-frequency oscillation: predicted by the pressure-volume curve. *Anesthesiology* 2001 May;94(5):862-9.
29. Crotti S, Mascheroni D, Caironi P, Pelosi P, Ronzoni G, Mondino M, et al. Recruitment and derecruitment during acute respiratory failure: a clinical study. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 Jul;164(1):131-40.
30. 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

Feb;338(6):347-54.

31. Hickling KG. The pressure-volume curve is greatly modified by recruitment. A mathematical model of ARDS lungs. *Am J Respir Crit Care Med* 1998 Jul;158(1):194-202.

32. Povoia P, Almeida E, Fernandes A, Mealha R, Moreira P, Sabino H. Evaluation of recruitment maneuver with positive inspiratory pressure and high PEEP in patients with severe ARDS. *Acta Anaesthesiol Scand* 2004 Mar;48(3):287-93.

33. Villagra A, Ochagavia A, Vatuva S, Murias G, Del Mar Fernandez M, Lopez Aguilar J, et al. Recruitment maneuvers during lung protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2002 Jan.;165(2):165-70.

34. Schreier D, Reske A, Stichert B, Seiwerts M, Bohm SH, Kloeppe R, et al. Alveolar recruitment in combination with sufficient positive end-expiratory pressure increases oxygenation and lung aeration in patients with severe chest trauma. *Crit Care Med* 2004 Apr.;32(4):968-75.

Correspondência:

Flávia Carla Pereira

Rua Canoas, 1015/B

30580-040 – Belo Horizonte – MG

Tel. (31)3387-5997/8804-1606

e-mail: flavia1000@uai.com.br
