

## Chest expansion for assessing tidal volume in premature newborn infants on ventilators

### *Expansibilidade torácica na avaliação do volume corrente em recém-nascidos prematuros ventilados*

Ana Sílvia Scavacini<sup>1</sup>, Milton Harumi Miyoshi<sup>2</sup>, Benjamin Israel Kopelman<sup>3</sup>, Clóvis de Araújo Peres<sup>4</sup>

#### Resumo

**Objetivos:** Avaliar se a observação clínica da expansibilidade torácica prediz o volume corrente em neonatos sob ventilação mecânica e se a experiência do examinador interfere no resultado.

**Métodos:** Estudo observacional que incluiu médicos de baixa experiência (1º ano de residência em pediatria), moderada experiência (2º ano de residência em pediatria, 1º ano de especialização em neonatologia ou em terapia intensiva pediátrica) e experientes (2º ano de especialização em neonatologia, pós-graduandos ou assistentes com experiência mínima de 4 anos em neonatologia). Estes observaram a expansibilidade torácica de recém-nascidos em ventilação mecânica e responderam qual o volume corrente fornecido aos bebês. O volume corrente ofertado foi calculado, indexado ao peso atual do paciente e considerado adequado se entre 4-6 mL/kg, insuficiente se abaixo de 4 mL/kg e excessivo se acima de 6 mL/kg. Para análise dos resultados, foi utilizado o qui-quadrado.

**Resultados:** Foram realizadas 111 avaliações em 21 recém-nascidos, e as respostas fornecidas concordaram com o volume mensurado em 23,1, 41,3 e 65,7% para os médicos de baixa, moderada experiência e experientes, respectivamente. Esses resultados evidenciam que os três grupos não são estatisticamente iguais ( $p = 0,013$ ) e que o grupo de médicos experientes apresenta maior concordância que os de baixa e moderada experiência ( $p = 0,007$ ).

**Conclusão:** A análise clínica da expansibilidade torácica realizada por médicos de baixa e moderada experiência apresenta pouca concordância com o volume corrente ofertado aos recém-nascidos em ventilação mecânica. Embora a experiência dos médicos tenha resultado em maior concordância, a expansibilidade torácica deve ser interpretada com cautela.

*J Pediatr (Rio J). 2007;83(4):329-334: Recém-nascido prematuro, ventilação mecânica, volume corrente, expansibilidade torácica, lesão pulmonar, volutrauma, displasia broncopulmonar.*

#### Abstract

**Objectives:** To investigate whether clinical observation of chest expansion predicts tidal volume in neonates on mechanical ventilation and whether observer experience interferes with results.

**Methods:** An observational study that enrolled less experienced physicians in the first year of pediatric residency, moderately experienced (second year pediatric residency, first year of neonatology or pediatric intensive care specialization) or who were already experienced (second year neonatology specialization, graduate students or primary physician supervisors with minimum experience of 4 years in neonatology). These professionals observed the chest expansion of newborn infants on mechanical ventilation and estimated the tidal volume being supplied to the babies. True tidal volume given was calculated, indexed by the patient's current weight, and considered adequate between 4 and 6 mL/kg, insufficient below 4 mL/kg and excessive over 6 mL/kg. Results were analyzed using chi-square test.

**Results:** One hundred and eleven assessments were carried out with 21 newborn infants and the estimates given were in agreement with measured volume in 23.1, 41.3 and 65.7% for less, moderate and experienced physicians, respectively. These results are evidence that the three groups are not statistically equal ( $p = 0.013$ ) and that the group of fully-experienced physicians have a better level of agreement than those with little or moderate experience ( $p = 0.007$ ).

**Conclusions:** Clinical analysis of chest expansion by physicians with less or moderate experience exhibit a low level of agreement with the tidal volume given to newborn infants on mechanical ventilation. Although increased experience did result in higher levels of agreement, chest expansion must still be interpreted with caution.

*J Pediatr (Rio J). 2007;83(4):329-334: Premature neonates, mechanical ventilation, tidal volume, chest expansion, lung injury, volutrauma, bronchopulmonary dysplasia.*

1. Mestre, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, SP.

2. Mestre, UNIFESP, São Paulo, SP. Professor assistente, Disciplina de Pediatria Neonatal, Departamento de Pediatria, UNIFESP, São Paulo, SP.

3. Livre-docente, UNIFESP, São Paulo, SP. Professor titular, Disciplina de Pediatria Neonatal, Departamento de Pediatria, UNIFESP, São Paulo, SP.

4. Livre-docente, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP. Professor titular, Disciplina de Análise Estatística, UNIFESP, São Paulo, SP.

**Como citar este artigo:** Scavacini AS, Miyoshi MH, Kopelman BI, Peres CA. Chest expansion for assessing tidal volume in premature newborn infants on ventilators. *J Pediatr (Rio J)*. 2007;83(4):329-334.

Artigo submetido em 20.10.06, aceito em 13.04.07.

doi 10.2223/JPED.1677

## Introdução

A ventilação pulmonar mecânica é um dos principais recursos utilizados para manter a vida de pacientes que cursam com insuficiência respiratória, mas contribui com o início e o agravamento das lesões pulmonares<sup>1</sup> e de órgãos distantes, tornando-se um dos fatores responsáveis pelo aumento da morbimortalidade, principalmente em bebês prematuros<sup>2-4</sup>. As particularidades anatômicas observadas nesses recém-nascidos propiciam, durante a ventilação mecânica, a ocorrência de volutrauma<sup>5</sup>, principal fator desencadeante da lesão pulmonar induzida pela ventilação<sup>6,7</sup>, que pode resultar no aparecimento da displasia broncopulmonar (DBP)<sup>8</sup>.

Baseado no conceito do volutrauma, para minimizar a lesão pulmonar durante a ventilação mecânica, recomenda-se ter um controle estrito sobre o volume corrente ofertado, mantendo-o entre 4 e 6 mL/kg<sup>9,10</sup>, embora, em algumas situações clínicas, a ventilação com volumes de até 10 mL/kg seja necessária. Esse valor, em estudos experimentais, não se mostrou tão lesivo quanto o uso de volumes maiores<sup>11</sup>.

Apesar da importância do controle do volume corrente, os aparelhos de ventilação mecânica utilizados com maior frequência no período neonatal são de fluxo contínuo, limitados a pressão e ciclados a tempo e, portanto, não limitam o volume corrente<sup>4</sup>. Dessa forma, para guiar e determinar o volume inspirado ótimo, utiliza-se com frequência a avaliação clínica da expansibilidade torácica. Considera-se, empiricamente, a elevação na altura do esterno de cerca de 1/2 cm como expansibilidade adequada<sup>12</sup>. Estudos envolvendo a avaliação da complacência pulmonar a partir da expansibilidade torácica em recém-nascidos sob ventilação mecânica mostraram que o grau de correlação foi determinado pela habilidade e experiência do examinador e que os profissionais menos experientes não conseguiram estimar de maneira correta a complacência do sistema respiratório<sup>13-15</sup>.

Tendo como base essas informações, este estudo avalia se a análise clínica da expansibilidade torácica, realizada por médicos, é capaz de prever o volume corrente resultante dos parâmetros pressóricos utilizados para ventilar os neonatos e se a experiência do médico interfere no resultado.

## Métodos

Estudo observacional realizado na unidade de terapia intensiva (UTI) neonatal do Hospital São Paulo – Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina, entre julho de 2003 e junho de 2004, após a aprovação do comitê de ética em pesquisa e assinatura do consentimento livre e esclarecido pelos médicos e responsáveis pelos recém-nascidos incluídos no estudo.

### **Critérios de inclusão e exclusão**

Durante o período da coleta dos dados, atuaram em esquema de rodízio no berçário médicos que cursavam o primeiro e o segundo anos de residência em pediatria (R1 e R2, respectivamente); os que haviam realizado 2 anos de residência em pediatria e cursavam primeiro ano de especialização em neonatologia (E3 Neo) ou o primeiro ano de

especialização em terapia intensiva pediátrica (E3 UTI Ped); aqueles que cursavam o segundo ano de especialização em neonatologia (E4), pós-graduados em neonatologia com pelo menos 4 anos de experiência na área (PG) e médicos assistentes com experiência mínima de 5 anos em neonatologia. A Figura 1 mostra o total de médicos que participaram do rodízio na unidade durante o período da coleta dos dados e aqueles que foram incluídos no estudo. Esses profissionais foram classificados segundo o grau de experiência: baixa experiência (R1), moderada experiência (R2, E3 Neo e E3 UTI Ped) e experientes (E4, PG e assistentes). Todos eles, inseridos em suas respectivas categorias de experiência, apresentavam boa concordância para a avaliação do volume corrente.

Devido à rotina de trabalho na unidade, a inclusão dos médicos no estudo dependia do rodízio existente e da disponibilidade de cada um no momento da coleta dos dados. Por esse motivo, a totalidade dos recém-nascidos estudados não necessariamente foi avaliada por todos os profissionais.

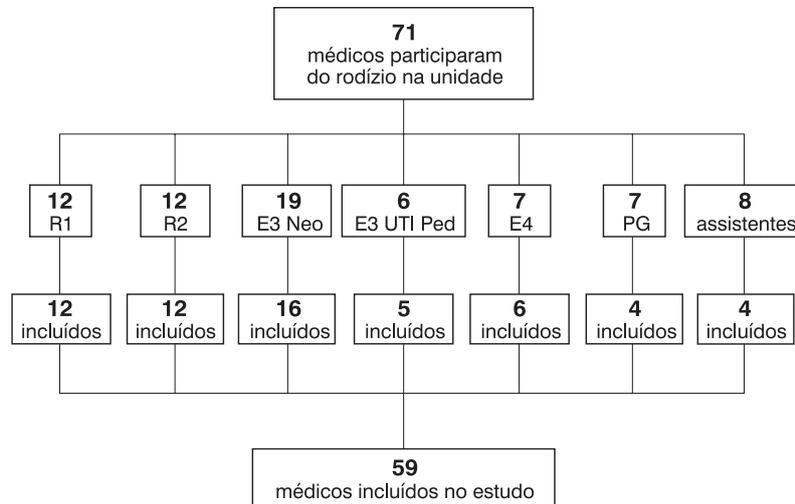
Os recém-nascidos incluídos deveriam estar internados na UTI neonatal do Hospital São Paulo, em fase de retirada da ventilação mecânica, com programação para extubação traqueal em até 72 horas, podendo ou não estar recebendo medicações analgésicas em doses mínimas. A pesquisadora deveria estar presente no hospital para realização do estudo. Foram excluídos os bebês com malformações congênitas, instabilidade cardiorrespiratória, falha na extubação traqueal em até 72 horas da coleta dos dados, sem consentimento por parte dos pais e/ou dos profissionais participantes e com impossibilidade de análise das curvas de função pulmonar para o cálculo do volume corrente.

O momento da extubação traqueal era definido pela equipe médica de acordo com as condições clínicas e laboratoriais da criança. Todos os pacientes foram ventilados com aparelhos de fluxo contínuo, limitados a pressão e ciclados a tempo, nos modos ventilação mandatória intermitente ou ventilação mandatória controlada. Os parâmetros da ventilação mecânica e a sedação, assim como qualquer outra intervenção relacionada ao tratamento da criança, não foram modificados para a coleta dos dados.

### **Coleta dos dados**

Após o preenchimento dos critérios de inclusão e 1 hora antes do início das avaliações, realizou-se a aspiração traqueal caso fosse possível visualizar secreção na cânula ou se a ausculta pulmonar sugerisse a presença de secreção pulmonar; se houvesse água condensada no circuito do ventilador, a mesma era retirada. Além disso, estabeleceu-se o período mínimo de 1 hora entre o término da infusão da dieta enteral e o momento da avaliação.

A adequação da posição da ponta da cânula traqueal foi certificada pela ausculta simétrica do murmúrio vesicular em ambos os hemitórax, pela observação da graduação em centímetros da cânula no nível do lábio superior, que foi mantida pela regra do peso da criança somado a 6<sup>16</sup>, e pela radiografia



E3 Neo = primeiro ano de especialização em neonatologia; E3 UTI Ped = primeiro ano de especialização em terapia intensiva pediátrica; E4 = segundo ano de especialização em neonatologia; PG = pós-graduandos em neonatologia com pelo menos 4 anos de experiência na área; R1 = primeiro ano de residência em pediatria; R2 = segundo ano de residência em pediatria.

**Figura 1** - Total de médicos que participaram do rodízio na unidade durante o período da coleta de dados e médicos que foram incluídos no estudo

de tórax, na qual a ponta da cânula foi mantida entre a primeira e a terceira vértebras torácicas.

Com o recém-nascido disposto em decúbito dorsal e com a cabeça em posição neutra, instalou-se, entre o circuito do ventilador e o intermediário da cânula traqueal, um pneumotacógrafo de área fixa e espaço morto de 0,8 mL. As leituras dos sinais de fluxo ocorreram a cada 25 ms pelo monitor gráfico (Tracer 5, Intermed<sup>®</sup>), que dispunha de um sistema intrínseco de autocalibração de fluxo. Além desse sistema, a calibração manual foi realizada periodicamente antes de cada estudo de acordo com as instruções do fabricante, uma vez que a calibração do aparelho pode influenciar significativamente nos resultados do estudo<sup>17</sup>.

As curvas de pressão, fluxo e volume foram armazenadas em um microcomputador, sendo analisadas posteriormente através de um *software* (Wintracer, Intermed<sup>®</sup>).

A seguir, iniciou-se a avaliação clínica pelos profissionais atuantes na unidade. Cada médico foi orientado para, no máximo em 2 min, responder se o volume corrente estava adequado ou não de acordo com a expansibilidade da caixa torácica. Considerou-se como expansibilidade adequada se observasse uma elevação de cerca de 1/2 cm na altura do terço médio do esterno. Se a medida fosse inferior ou superior a esse valor, a expansibilidade foi definida, respectivamente, como inadequada ou excessiva<sup>12</sup>.

Após o período de observação, o profissional recebeu uma ficha contendo a seguinte questão: "Após observar os parâmetros clínicos do bebê, você acredita que o volume corrente fornecido para ventilar o mesmo está adequado?". Em caso de resposta negativa, o médico especificava se o volume corrente estava insuficiente ou excessivo. A resposta dada por cada observador foi individual e secreta, de modo que tanto o pesquisador como os demais profissionais que participaram

do estudo não ficaram sabendo da resposta. Para tanto, as fichas contendo as respostas foram lacradas em um envelope com a identificação do protocolo e do nível de experiência do profissional que participou da avaliação, sendo aberto somente ao final do estudo.

Imediatamente após a avaliação clínica, realizou-se a medida do volume corrente oferecido pelo ventilador utilizando o pneumotacógrafo. Nenhum dos profissionais que participaram da avaliação clínica teve acesso a esse procedimento. O período de captação dos sinais foi de 10 min ou até a obtenção de 10 ciclos respiratórios controlados com bom sinal de aferição. Esses sinais foram armazenados no computador a cada 10 s através do *software* Wintracer, que calculou, a cada minuto, a média do volume corrente durante o período de estudo. Para fins do estudo, calculou-se o volume corrente mandatório expirado a partir de curvas cujo fluxo inspiratório permanecia em zero por pelo menos 50 ms antes do início da expiração, o que assegurava a total insuflação dos pulmões. O valor final do volume corrente foi considerado como a média de 10 ciclos respiratórios controlados indexados ao peso atual do paciente. Toda a coleta de dados foi realizada por uma única pesquisadora com experiência em identificar as curvas de fluxo e excluir os ciclos com artefatos, com escapes de ar e os ciclos espontâneos superimpostos aos do respirador.

Essas medidas foram armazenadas e ficaram de conhecimento somente do investigador, não sendo reveladas em nenhum momento a qualquer profissional que participou da avaliação clínica do paciente.

Durante todo o período da avaliação, os recém-nascidos deveriam permanecer tranquilos e confortáveis e, a qualquer sinal de piora clínica, como alterações das condições de oxigenação e hemodinâmicas, a monitoração era interrompida.

A administração ou as doses de medicações analgésicas não eram modificadas para a coleta dos dados.

### **Análise estatística**

Um banco de dados foi criado contendo as curvas de fluxo de cada recém-nascido e o cálculo do seu respectivo volume corrente. Os resultados obtidos foram comparados às avaliações feitas pelos médicos em geral e de todas as categorias (baixa experiência, experiência moderada e experiente).

Para análise dos resultados, considerou-se o volume corrente mensurado pelo monitor (padrão-ouro) como adequado quando os valores se situassem entre 4 e 6 mL/kg.

As respostas dos profissionais e o volume encontrado pelo monitor, classificados em adequado, insuficiente ou excessivo, foram associados para o cálculo das avaliações concordantes e da proporção de concordância entre os profissionais e o aparelho.

Para comparar os três grupos de médicos, foi utilizado o teste de qui-quadrado com dois graus de liberdade.

### **Resultados**

Os médicos realizaram 115 avaliações clínicas nas 22 crianças estudadas. Uma criança, submetida a quatro avaliações clínicas, foi excluída por impossibilidade de obter as curvas para cálculo do volume corrente. Assim, foram incluídas 111 avaliações realizadas em 21 crianças. Os profissionais de baixa experiência avaliaram em 13 situações, os de moderada em 63 e os experientes em 35.

Os 21 recém-nascidos incluídos no estudo apresentavam idade gestacional média de  $30,5 \pm 3,21$  semanas, idade pós-natal média de  $186,4 \pm 179,9$  horas de vida e peso médio no dia da avaliação de  $1391 \pm 75$  g. O volume corrente médio estava em  $7,6 \pm 4,13$  mL/kg. Todos foram intubados na sala de parto com cânulas de diâmetro uniforme que variavam entre 2,5 e 3,5. Destes, 17 (81%) foram ventilados por síndrome do desconforto respiratório e quatro (19%) por desconforto respiratório precoce adaptativo. As principais intercorrências clínicas observadas até o início do estudo foram: nove casos de persistência do canal arterial, seis de hemorragia periintra-ventricular (quatro grau I, um grau II e um grau III) e duas convulsões.

Das 21 crianças incluídas no estudo, quatro (19%) estavam sendo ventiladas dentro dos limites adequados, uma (4,8%) com volume corrente menor que 4 mL/kg e 16 (76,2%) com volume corrente maior que 6 mL/kg.

As respostas fornecidas pelos médicos de baixa experiência concordaram com o volume corrente mensurado pelo monitor somente em três (23,1%) das 13 avaliações realizadas. Em todas as avaliações concordantes, o volume corrente ofertado pelo ventilador mecânico situava-se entre 4 e 6 mL/kg.

Para os médicos de moderada experiência, a concordância ocorreu em 11 avaliações quando o volume ofertado pelo ventilador estava dentro dos limites estipulados e em 15

quando o volume corrente ofertado estava acima dos limites estabelecidos, totalizando 26 (41,3%) situações concordantes em 63 avaliações.

A concordância das respostas dadas pelos médicos experientes com o volume corrente mensurado pelo monitor foi de 65,7%. Essa categoria de médicos concordou com o volume corrente em 23 das 35 situações avaliadas. Em cinco delas, o volume de gás avaliado pelo monitor era adequado e, nas 18 restantes, o volume era excessivo. Todas as respostas dadas pelos profissionais foram relacionadas às medidas de volume corrente realizadas pelo monitor, como mostra a Tabela 1.

Para comparar as respostas dos três grupos de médicos, foi utilizado o teste de qui-quadrado com dois graus de liberdade (Tabela 2). O valor de qui-quadrado encontrado foi de 8,74, o que mostrou a não igualdade entre os três grupos ( $p = 0,013$ ). Em seguida, foi realizada uma partição ortogonal do qui-quadrado, o que gerou duas tabelas, cada uma com um grau de liberdade. O valor de qui-quadrado obtido foi de 1,511, dado que evidenciou estatisticamente o mesmo nível de concordância entre os médicos de baixa e moderada experiência ( $p = 0,219$ ) e maior concordância no grupo de médicos experientes, com valor de qui-quadrado de 7,308 e  $p = 0,007$ .

### **Discussão**

Os resultados deste estudo mostram que a avaliação clínica, realizada por médicos em treinamento, da expansibilidade torácica em recém-nascidos sob ventilação mecânica para estimar o volume corrente ofertado é menos precisa. Embora a experiência dos médicos tenha resultado em maior concordância, a expansibilidade torácica deve ser interpretada com cautela.

Fundamentado no conceito de que as estratégias ventilatórias que utilizam altos volumes correntes são mais lesivas (volutrauma<sup>18</sup>), atualmente recomenda-se ter um controle estrito sobre o volume de gás ofertado durante a ventilação mecânica. Estipulou-se que volumes situados entre a capacidade residual funcional e a capacidade pulmonar total, entre 4 e 6 mL/kg<sup>9,10</sup>, recrutam sem hiperinsuflar as vias aéreas terminais, sendo então adequados para ventilar o recém-nascido. Apesar disso, em nosso meio, na maioria das UTI neonatais o uso de ventiladores de fluxo contínuo, limitados à pressão e ciclados a tempo, ainda é a regra. Nesses aparelhos, o volume de gás ofertado depende do gradiente de pressão e, principalmente, da impedância do sistema respiratório, ou seja, do comportamento da complacência e da resistência. Sabe-se que, nas primeiras horas após o nascimento, essas variáveis sofrem mudanças constantes, fazendo com que o volume de gás administrado a cada inspiração seja muito variável.

No dia-a-dia, durante a ventilação mecânica, para determinar o ajuste do volume corrente, utiliza-se com frequência a avaliação clínica da expansibilidade torácica. Considera-se, empiricamente, a elevação na altura do esterno de cerca de 1/2 cm como uma boa expansibilidade. Utilizando esse crité-

**Tabela 1** - Frequência de acertos das respostas dadas pelos profissionais de cada categoria e o volume corrente mensurado pelo monitor

Avaliações médicas	Monitor			Total
	Insuficiente	Adequado	Excessivo	
Baixa experiência				
Insuficiente	0*	1	2	
Adequado	1	3*	6	
Excessivo	0	0	0*	13
Moderada experiência				
Insuficiente	0*	2	5	
Adequado	3	11*	25	
Excessivo	0	2	15*	63
Experientes				
Insuficiente	0*	1	1	
Adequado	1	5*	8	
Excessivo	1	0	18*	35

\*  $p = 0,219$  pelo teste do qui-quadrado.

**Tabela 2** - Frequência final de acertos dos profissionais estudados

Médicos	Concordância com o monitor		
	Sim	Não	
Baixa experiência	3 (23,1%)*†	10 (76,9%)	13
Moderada experiência	26 (41,3%)*†	37 (58,7%)	63
Experientes	23 (65,7%)†	12 (34,3%)	35
Total	52 (46,8%)	59 (53,2%)	111

$p = 0,013$  pelo teste do qui-quadrado.

\*  $p = 0,219$  pelo teste do qui-quadrado.

†  $p = 0,007$  (médicos de baixa e moderada experiência comparados aos experientes) pelo teste do qui-quadrado.

rio, este estudo demonstrou que profissionais de baixa e moderada experiência apresentam menor concordância ao serem comparados a médicos experientes. Esses achados são semelhantes aos estudos que avaliaram o cálculo da complacência pulmonar a partir do volume corrente estimado pela expansibilidade torácica em recém-nascidos sob ventilação mecânica. Os resultados mostraram que o grau de concordância foi determinado pela habilidade e experiência do

examinador e que os profissionais menos experientes não conseguiram estimar de maneira correta a complacência do sistema respiratório<sup>13-15</sup>.

Além disso, pôde-se perceber que a maioria das avaliações que não concordou com o volume corrente medido subestimou a oferta de gás, ou seja, o volume corrente ofertado era excessivo e a avaliação clínica referia como adequado. Como os recém-nascidos incluídos no presente estudo esta-

vam em fase de retirada da ventilação mecânica próximos da extubação traqueal, a doença pulmonar de base já estava em processo de resolução, com complacência pulmonar normalizada. Dessa forma, esse dado vai de acordo com o da literatura<sup>15</sup>, que evidencia que a complacência é superestimada nos pulmões comprometidos, enquanto é subestimada nos pulmões com pouca ou nenhuma lesão.

Apesar das limitações de estudos observacionais, como a padronização do número de profissionais por categorias de experiência e a dificuldade na realização de cálculos estatísticos, os resultados deste estudo sugerem que a avaliação visual da movimentação do tórax de bebês em ventilação mecânica pode não ser suficientemente sensível para detectar pequenas variações de volume corrente, mesmo quando realizada por profissionais experientes. Esse fato torna-se mais evidente em recém-nascidos prematuros de muito baixo peso, nos quais a margem de ajuste do volume corrente é muito estreita, ou seja, entre 5 e 7 mL.

Foi demonstrado que, na prática clínica, os testes de função pulmonar realizados durante a ventilação mecânica não trazem maiores benefícios e que as avaliações realizadas pelos médicos de baixa experiência apresentam pouca correlação com a complacência pulmonar mensurada<sup>19</sup>. Ainda assim, acreditamos que seja recomendável a monitoração contínua do volume corrente ofertado durante a ventilação mecânica, em particular nos recém-nascidos prematuros de muito baixo peso, a fim de minimizar as lesões decorrentes do volutrauma.

### Referências

- Chiumello D, Pristine G, Slutsky AS. [Mechanical ventilation affects local and systemic cytokines in an animal model of acute respiratory distress syndrome](#). *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;160:109-16.
- Hickling KG, Henderson SJ, Jackson R. [Low mortality associated with low volume pressure limited ventilation with permissive hypercapnia in severe adult respiratory distress syndrome](#). *Intensive Care Med*. 1990;16:372-7.
- Clark RH. [High-frequency ventilation](#). *J Pediatr*. 1994;124(5 Pt 1):661-70.
- Auten RL, Vozzelli M, Clark RH. [Volutrauma. What is it, and how do we avoid it?](#) *Clin Perinatol*. 2001;28:505-15.
- 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;137:1159-64.
- Carlton DP, Cummings JJ, Scheerer RG, Poulain FR, Bland RD. [Lung overexpansion increases pulmonary microvascular protein permeability in young lambs](#). *J Appl Physiol*. 1990;69:577-83.
- Dreyfuss D, Saumon G. [Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies](#). *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;57:294-323.
- Thibeault DW, Mabry SM, Ekekezie II, Truog WE. [Lung elastic tissue maturation and perturbations during the evolution of chronic lung disease](#). *Pediatrics*. 2000;106:1452-9.
- Jobe AH. [Hypocarbica and bronchopulmonary dysplasia](#). *Arch Pediatr Adolesc Med*. 1995;149:615-6.
- Hagus CK, Donn SM. [Pulmonary graphics: basics of clinical application](#). In: Donn SM. *Neonatal and pediatric pulmonary graphics: principles and clinical applications*. Armonk, NY: Futura; 1998. p. 81-127.
- Wada K, Jobe AH, Ikegami M. [Tidal volume effects on surfactant treatment responses with the initiation of ventilation in preterm lambs](#). *J Appl Physiol*. 1997;83:1054-61.
- Spitzer AR, Stefano J. [Respiratory distress syndrome](#). In: Polin RA, Yoder MC, Burg FD. *Workbook in practical neonatology*. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1993. p. 151-87.
- Aufricht C, Huemer C, Frenzel C, Simbruner G. [Respiratory compliance assessed from chest expansion and inflation pressure in ventilated neonates](#). *Am J Perinatol*. 1993;10:139-42.
- Aufricht C, Kohlhauser C, Simbruner G. [Comparison of bedside methods to assess lung mechanics in ventilated neonates: inflation pressure, amount of ventilation and optical compliance versus measured compliance](#). *Wien Klin Wochenschr*. 1990;102:307-9.
- Stenson BJ, Wilkie RA, Laing IA, Tarnow-Mordi WO. [Reliability of clinical assessments of respiratory system compliance \(Cr<sub>s</sub>\) made by junior doctors](#). *Intensive Care Med*. 1995;21:257-60.
- Tochen ML. [Orotracheal intubation in the newborn infant: a method for determining depth of tube insertion](#). *J Pediatr*. 1979;95:1050-1.
- Bates JH, Schmalisch G, Filbrun D, Stocks J. [Tidal breath analysis for infant pulmonary function testing](#). *ERS/ATS Task Force on Standards for Infant Respiratory Function Testing*. European Respiratory Society/American Thoracic Society. *Eur Respir J*. 2000;16:1180-92.
- [Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome](#). The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med*. 2000;342:1301-8.
- Stenson BJ, Glover RM, Wilkie RA, Laing IA, Tarnow-Mordi WO. [Randomised controlled trial of respiratory system compliance measurements in mechanically ventilated neonates](#). *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 1998;78:F15-9.

Correspondência:  
 Ana Sílvia Scavacini  
 Rua Dona Antônia de Queiroz, 51/92, Consolação  
 CEP 01307-010 – São Paulo, SP  
 Tel.: (11) 9944.1102  
 E-mail: anascava@ig.com.br