



REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Publicação Oficial da Sociedade Brasileira de Anestesiologia
www.sba.com.br



ARTIGO CIENTÍFICO

Comportamento da variação do volume sistólico em pacientes hemodinamicamente estáveis durante cirurgia torácica com períodos de ventilação monopulmonar



María Lema Tome*, Francisco Andrés De la Gala, Patricia Piñeiro, Luis Olmedilla e Ignacio Garutti

Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Departamento de Anestesiología y Reanimación, Madri, Espanha

Recebido em 2 de junho de 2016; aceito em 8 de novembro de 2017
Disponível na Internet em 22 de fevereiro de 2018

PALAVRAS-CHAVE

Cirurgia torácica;
Ventilação monopulmonar;
Variação do volume sistólico;
Terapia alvo-dirigida;
Interação coração-pulmão

Resumo

Introdução: Nos últimos anos, a importância da terapia alvo-dirigida foi enfatizada para aprimorar o estado hemodinâmico do paciente e melhorar seu prognóstico. Os parâmetros baseados na interação entre o coração e os pulmões foram questionados em situações como baixo volume corrente e cirurgia aberta do tórax. O objetivo do estudo foi analisar as alterações que a ventilação monopulmonar pode produzir na variação do volume sistólico e avaliar o possível impacto das pressões da via aérea e da complacência pulmonar sobre a variação do volume sistólico.

Métodos: Estudo observacional prospectivo, no qual 112 pacientes submetidos à cirurgia de ressecção pulmonar com períodos de ventilação monopulmonar foram incluídos. A terapia de fluidos intravenosos com cristaloides foi ajustada a $2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Os episódios de hipotensão foram tratados com vasoconstritores. A ventilação dos dois pulmões (VDP) foi implantada com volume corrente de $8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$ e a ventilação monopulmonar foi controlada com volume corrente de $6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$. Foi monitorada a pressão arterial invasiva. Registramos os seguintes valores cardi-respiratórios: frequência cardíaca, pressão arterial média, índice cardíaco, índice de volume sistólico, pressão de pico das vias aéreas, pressão de platô das vias aéreas e complacência pulmonar estática em três tempos durante a cirurgia: imediatamente após o colapso do pulmão, 30 minutos após o início da ventilação monopulmonar e após a restauração da ventilação dos dois pulmões.

Resultados: Os valores de variação do volume sistólico foram influenciados pelo colapso pulmonar (antes do colapso pulmonar $14,6 \text{ [DS]}$ vs. ventilação monopulmonar $9,9\% \text{ [DS]}$, $p < 0,0001$),

* Autor para correspondência.

E-mail: maria.lematome@gmail.com (M. Lema Tome).

KEYWORDS

Thoracic surgery;
One-lung ventilation;
Stroke volume
variation;
Goal-directed
therapy;
Heart-lung
interaction

ou após o restabelecimento da ventilação dos dois pulmões (11,01 [DS], $p < 0,0001$). Durante a ventilação dos dois pulmões houve uma correlação significativa entre as pressões das vias aéreas e a variação do volume sistólico, porém, essa correlação não existe durante a ventilação monopulmonar.

Conclusão: A diminuição dos valores da variação do volume sistólico durante a ventilação monopulmonar com estratégias ventilatórias protetoras sugere não usar os mesmos valores de limiar para determinar a responsividade aos fluidos.

© 2017 Publicado por Elsevier Editora Ltda. em nome de Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Behaviour of stroke volume variation in hemodynamic stable patients during thoracic surgery with one-lung ventilation periods

Abstract

Introduction: In last few years, emphasis was placed in goal-directed therapy in order to optimize patient's hemodynamic status and improve their prognosis. Parameters based on the interaction between heart and lungs have been questioned in situations like low tidal volume and open chest surgery. The goal of the study was to analyze the changes that one-lung ventilation can produce over stroke volume variation and to assess the possible impact of airway pressures and lung compliance over stroke volume variation.

Methods: Prospective observational study, 112 patients undergoing lung resection surgery with one-lung ventilation periods were included. Intravenous fluid therapy with crystalloids was set at $2 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$. Hypotension episodes were treated with vasoconstrictive drugs. Two-lung ventilation was implemented with a TV of 8 mL.kg^{-1} and one-lung ventilation was managed with a TV of 6 mL.kg^{-1} . Invasive blood pressure was monitored. We recorded the following cardiorespiratory values: heart rate, mean arterial pressure, cardiac index, stroke volume index, airway peak pressure, airway plateau pressure and static lung compliance at 3 different times during surgery: immediately after lung collapse, 30 minutes after initiating one-lung ventilation and after restoration of two-lung ventilation.

Results: Stroke volume variation values were influenced by lung collapse (before lung collapse 14.6 (DS) vs. OLV 9.9% (DS), $p < 0.0001$); or after restoring two-lung ventilation (11.01 (DS), $p < 0.0001$). During two-lung ventilation there was a significant correlation between airway pressures and stroke volume variation, however this correlation lacks during one-lung ventilation.

Conclusion: The decrease of stroke volume variation values during one-lung ventilation with protective ventilatory strategies advises not to use the same threshold values to determine fluid responsiveness.

© 2017 Published by Elsevier Editora Ltda. on behalf of Sociedade Brasileira de Anestesiologia. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

Nos últimos anos, o destaque foi para a terapia orientada por metas para aprimorar o estado hemodinâmico do paciente e assim melhorar seu prognóstico. Essas metas parecem ter como base os parâmetros dinâmicos usados para prever a resposta ao volume: variação do volume sistólico (VVS), variação da pressão de pulso (VPP) e variação de pressão de pulso. Alguns autores mostraram recentemente que esses parâmetros hemodinâmicos podem ser úteis para orientar o controle do balanço hídrico em cirurgia torácica.¹⁻⁶

Porém, outras pesquisas questionaram sua utilidade em diferentes situações, como o uso de um volume corrente (VC) $< 8 \text{ mL.kg}^{-1}$, em cirurgia torácica aberta ou durante a ventilação monopulmonar (VMP), por causa do grande *shunt* que ocorre.⁷⁻⁹ Essas circunstâncias coincidem no tratamento regular durante a ventilação protetora na cirurgia torácica durante a VMP.

Durante a VMP, mesmo com ventilação protetora, o fluxo de ar interrompido para o pulmão dependente está associado a uma redução da complacência pulmonar e ao aumento da pressão nas vias aéreas (Paw). Existem diferentes linhas de investigação que, experimentalmente, demonstraram que em pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) a redução da complacência pulmonar ou Paw pode alterar os valores da VVS mesmo que seja mantido um volume constante de sangue. No entanto, pelo que sabemos, essa linha de pesquisa não foi feita em cirurgia torácica. Nesse tipo de cirurgia, a interação entre coração e pulmão durante a VMP não leva em consideração a influência da complacência pulmonar ou da pressão das vias aéreas na avaliação dos resultados.

A nossa hipótese foi que modificações nos parâmetros ventilatórios durante os períodos da cirurgia torácica aberta poderiam induzir mudanças nos parâmetros hemodinâmicos com base na interação entre coração e pulmão.

O objetivo de nosso estudo foi descrever as alterações existentes nos parâmetros dinâmicos em pacientes tratados com a mesma terapia de fluidos intravenosos durante a cirurgia, analisar a relação entre a mecânica respiratória (Paw e complacência pulmonar) e VVS e com diferentes VC ($8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$ vs. $6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$) durante a cirurgia torácica aberta (aberta vs. fechada).

Métodos

Estudo observacional prospectivo, aprovado pelo Comitê de Ética Hospitalar para Ensaios Clínicos. Uma amostragem consecutiva foi usada e todos os pacientes assinaram o termo de consentimento. Foram avaliados 175 pacientes consecutivos submetidos à ressecção pulmonar eletiva com período de VMP de no mínimo 1 h. Os critérios de exclusão incluíram grávidas ou em amamentação, hipersensibilidade a qualquer dos anestésicos usados, doença cardíaca descompensada ou NYHA II, fibrilação atrial ou impossibilidade de obter ventilação pulmonar protetora. Os pacientes que apresentaram episódios de instabilidade hemodinâmica (definida como episódios de hipotensão, $\text{PAM} < 60 \text{ mmHg}$) tratados com drogas vasoativas e/ou *bolus* de líquidos também foram excluídos.

Após a monitoração padrão (oxímetro de pulso, eletrocardiograma, pressão arterial não invasiva e débito urinário), a anestesia geral foi induzida com propofol ($2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), fentanil ($3 \text{ mcg} \cdot \text{kg}^{-1}$) e rocurônio ($0,6\text{-}1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Propofol ou sevoflurano (1–2,5%) foi usado para manutenção da anestesia geral com o objetivo de obter um índice bispectral (BIS) entre 40 e 60. Um tubo de duplo lúmen para intubação à esquerda foi introduzido na traqueia (tendo como base a fórmula de sexo e altura do paciente: 35–37 para mulheres e 39–41 para homens), verificou-se a colocação correta por broncoscopia de fibra óptica e ausculta. Os pacientes foram conectados à ventilação mecânica (Ventilador Dräger Primus-Dräger Hispania SA, Madrid, Espanha) e durante a ventilação dos dois pulmões (ventilação controlada por volume) os parâmetros respiratórios foram estabelecidos para volume corrente de $8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$, PEEP de 3–5 $\text{cm H}_2\text{O}$ e frequência respiratória apropriada para manter ETCO_2 (CO_2 expirado) entre 30 e 35 mmHg e FiO_2 de 0,45. Durante o período de VMP, o volume corrente foi de $6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$, PEEP de 5 $\text{cm H}_2\text{O}$, hipercapnia permissiva e FiO_2 entre 0,6 e 1 para manter $\text{SpO}_2 > 90\%$. Os episódios de hipoxemia foram tratados com aumento de FiO_2 , pressão positiva contínua das vias aéreas no pulmão não dependente e manobras de recrutamento. Quando o paciente foi posicionado em decúbito lateral, um cateter paravertebral foi inserido ipsilateralmente ao campo cirúrgico, nos quinto-sétimo espaços intercostais através de uma agulha Tuohy de 17G com a técnica de Eason e Wyatt.

Após a indução da anestesia geral, a pressão arterial invasiva (artéria radial) foi monitorada via conexão ao sistema Flo-Trac (Vigileo, Edwards Lifesciences, Irvine, CA, EUA) para medir o débito cardíaco (DC), índice cardíaco (IC), variação do volume sistólico (VVS), volume sistólico (VS) e índice do volume sistólico (IVS).

A terapia de fluidos intravenosos com cristaloides foi ajustada a uma taxa de $2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, manteve-se o débito urinário $\geq 0,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$ por hora.

Tabela 1 Características demográficas e cirúrgicas

Sexo (F/M)	41/71
ASA (I/II/III)	6/67/39
Idade (anos)	62 (12)
Peso (kg)	68 (11)
Altura (cm)	165 (9)
Tempo de VMP (min)	166 (67)
Tempo de anestesia (min)	285 (84)
FEV1 pré-op (%)	94 (23)
FVC pré-op (%)	105 (20)
Segmentectomia	59
Pneumonectomia	3
Lobectomia	58
Bilobectomia	2
Lado da cirurgia (E/D)	48/64

Dados expressos em média (DP) e tamanho da amostra (n).

CVF pré-op, capacidade vital forçada no pré-operatório; D, direito; E, esquerdo; F, feminino; FEV1 pré-op, volume expiratório forçado no primeiro segundo no pré-operatório; M, masculino; VMP, ventilação monopulmonar.

Os parâmetros hemodinâmicos e respiratórios foram avaliados em três momentos diferentes durante a cirurgia: logo antes do colapso do pulmão, 30 min após o início da VMP e após a restauração da ventilação dos dois pulmões (VDP). Além dessas mensurações hemodinâmicas, gasometria e hemoglobina foram analisadas.

A análise estatística foi feita com o programa SPSS (17.0). Usamos o teste pareado entre os momentos basal e VMP e VDP para analisar os diferentes parâmetros hemodinâmicos e respiratórios do estudo. Além disso, uma análise de correlação bivariada foi usada para determinar se o aumento entre as pressões no início da VMP diminui a complacência pulmonar e aumenta a VVS. Valores-*p* inferiores a 0,05 foram considerados significativos.

Resultados

Foram incluídos 175 pacientes consecutivos submetidos à cirurgia de ressecção pulmonar com períodos de VMP. Oito deles foram excluídos devido à fibrilação atrial. Também excluímos outros 55 pacientes que precisaram de *bolus* de líquidos ou drogas vasoativas durante a VMP. As características demográficas estão resumidas na [tabela 1](#).

Durante a VMP, aumento das pressões nas vias aéreas e redução da complacência pulmonar foram observados. Após o restabelecimento da VDP, esses parâmetros retornaram a valores semelhantes aos basais. Entre os parâmetros hemodinâmicos avaliados, alterações não foram observadas no início da VMP, exceto por uma redução nos valores da VVS ([tabela 2](#)). Além disso, a VVS foi o único parâmetro hemodinâmico afetado quando houve alteração de VDP para VMP com cirurgia torácica fechada. Porém, o retorno à VDP não gerou aquelas alterações hemodinâmicas.

Uma correlação positiva significativa foi observada entre os valores da VVS e as pressões nas vias aéreas (pico, platô e média) durante a VDP, logo antes e depois da VMP. Não observamos correlação significativa entre esses parâmetros e as pressões nas vias aéreas durante a VMP. De forma semelhante, não encontramos correlação significativa entre os

Tabela 2 Valores hemodinâmicos e respiratórios durante o estudo

	Basal: antes do colapso pulmonar	30 min após iniciar VMP	p-valores Basal vs. VMP	Restauração da VDP	p-valores VMP vs. restauração da VDP
PaO ₂ /FiO ₂	371 (138)	117 (50)	0,0001	322 (93)	0,0001
PaCO ₂ (mmHg)	43 (6)	49 (7)	0,0001	48 (7)	0,114
EtCO ₂ (mmHg)	33 (4)	35 (4)	0,0001	36 (6)	0,487
Pressão de pico (cm H ₂ O)	21 (3)	25 (4)	0,0001	21 (5)	0,0001
Pressão de platô (cm H ₂ O)	19 (3)	21 (5)	0,0001	18 (5)	0,0001
Complacência pulmonar (mL.cm H ₂ O ⁻¹)	40 (11)	28 (9)	0,0001	42 (15)	0,0001
VVS (%)	14,6 (7)	9,9 (5)	0,0001	11,0 (5)	0,048
FC (bat.min ⁻¹)	70 (14)	72 (15)	0,143	74 (14)	0,064
PAM (mmHg)	79 (15)	76 (15)	0,099	78 (15)	0,119
IC (mL.min ⁻¹ .m ⁻²)	2,91 (4)	3,05 (4)	0,177	3,04 (3)	0,942
IVS (mL.bat ⁻¹ .m ⁻²)	37 (13)	37 (11)	0,574	37 (10)	0,968

Dados expressos em média (DP).

EtCO₂, CO₂ expirado; FC, frequência cardíaca; IC, índice cardíaco; IVS, índice do volume sistólico; PaCO₂, pressão parcial de dióxido de carbono; PAM, pressão arterial média; PaO₂/FiO₂, relação entre pressão parcial de oxigênio e fração inspirada de oxigênio; VDP, ventilação dos dois pulmões; VMP, ventilação monopulmonar; VVS, variação do volume sistólico.

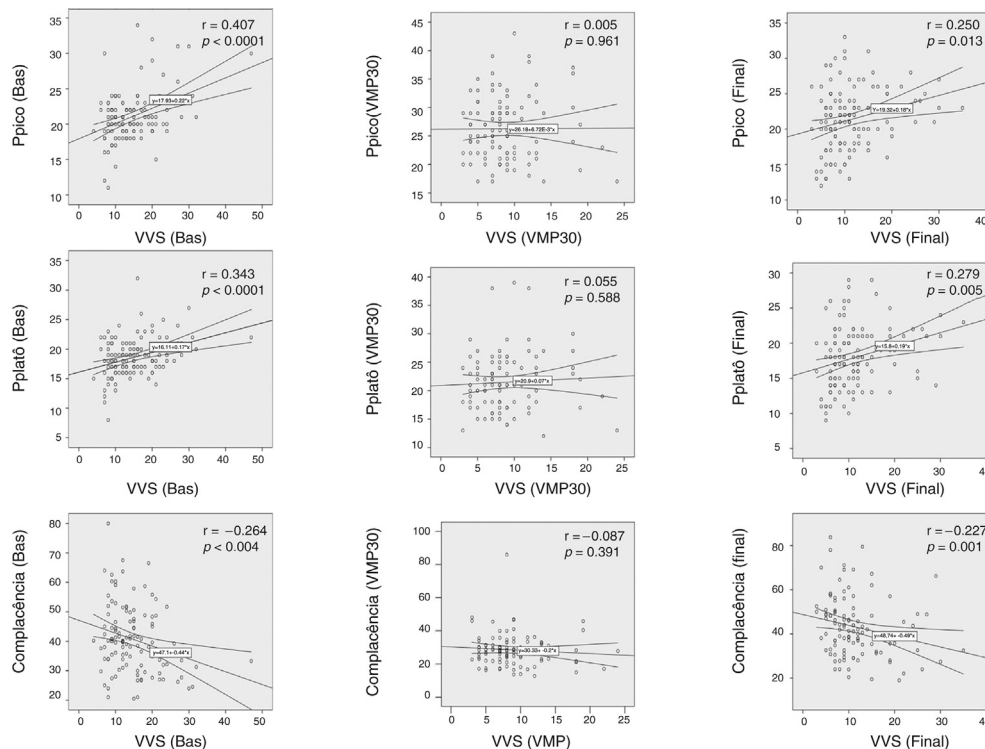


Figura 1 Representação da variação do volume sistólico (VVS) durante os diferentes tempos de cirurgia (BAS, basal; VMP30, 30 min após o início da ventilação monopulmonar; Final, final da ventilação monopulmonar), de acordo com as pressões das vias aéreas (pico e platô) e complacência pulmonar.

outros parâmetros hemodinâmicos analisados (PAM, FC, IC, IVS) e os fornecidos pela estação de ventilação (fig. 1).

Discussão

Os resultados deste estudo mostraram que em pacientes hemodinamicamente estáveis submetidos à cirurgia torácica

com períodos de VMP os valores da VVS são o único parâmetro hemodinâmico que sofre alteração durante a VMP e que essa alteração é revertida após a restauração da VDP.

A precisão de um sistema de monitoração usado para orientar a terapia de fluidos pode ser crítica se a terapia orientada por objetivos for usada nesse tipo de cirurgia, na qual foi comprovada uma importante repercussão da terapia de

fluidos sobre a lesão pulmonar aguda ou sobre o prognóstico respiratório desses pacientes.^{10,11}

Atualmente, os parâmetros mais usados em protocolos para orientar a terapia de fluidos são VVS e VPP, mas sabe-se que esses parâmetros apresentam algumas limitações que podem dificultar seu uso em certas circunstâncias intraoperatórias. Uma das principais limitações em cirurgia torácica é o baixo volume corrente (VC) estabelecido durante o período de VMP. O efeito do VC sobre o valor absoluto do índice dinâmico foi previamente investigado.^{2,12-15} Alguns autores observaram que a VVS consegue prever a resposta ao volume durante a VMP somente quando um VC de 8 mL.kg⁻¹ (peso ideal) ou superior foi estabelecido.¹⁶⁻¹⁸ No entanto, Lee et al. descreveram que é possível obter o poder preditivo da VPP durante a VMP com um VC de 6 mL.kg⁻¹, mas quando um VC de 10 mL.kg⁻¹ foi estabelecido, a VPP não foi útil, o que contrariou os princípios da base fisiológica.¹⁹

O objetivo de nosso estudo não foi avaliar o poder preditivo da VVS para orientar a terapia de fluidos no período intraoperatório. Buscamos apenas avaliar a evolução dos parâmetros hemodinâmicos no intraoperatório e analisar a influência de outros parâmetros sobre os valores da VVS, pois a influência da complacência pulmonar ou da pressão das vias aéreas sobre os valores desses índices parece ter sido pouco avaliada na prática clínica.

Pressão das vias aéreas e complacência pulmonar

Considerando que os índices dinâmicos usados como ferramenta para avaliar a capacidade de resposta ao fluido baseiam-se no conceito de que a ventilação com pressão positiva induz variações no volume sistólico, é razoável supor que esses parâmetros dinâmicos são afetados pelas alterações nas pressões intratorácica e intrapulmonar, como a variação na pressão das vias aéreas ou na complacência pulmonar.^{20,21}

Observamos que os pacientes com pressões mais altas das vias aéreas (pressão de pico, bem como de platô) tendem a apresentar valores maiores de VVS. Porém, essa descoberta só surgiu quando ventilávamos ambos os pulmões com um VC de 8 mL.kg⁻¹. Durante VMP com VC baixo, a interação entre a pressão das vias aéreas e VVS foi perdida. Podemos explicar essa descoberta não apenas por causa do uso de VC baixo, mas também pelas alterações no fluxo sanguíneo pulmonar devido aos efeitos da gravidade e da vasoconstrição pulmonar hipóxica (VPH). Durante a VMP, entre 20% e 30% do fluxo sanguíneo pulmonar irão para o pulmão não ventilado, o que aumenta o fluxo sanguíneo no pulmão dependente, esse pulmão é o que contribui para preencher e esvaziar o ventrículo esquerdo durante o ciclo ventilatório. O sangue restante com o *shunt* pulmonar no pulmão não ventilado permanecerá inalterado e não contribuirá para a geração de VVS.²² Além disso, a magnitude do *shunt* também influenciará o cálculo dos parâmetros dinâmicos.^{18,23}

Além disso, durante a VMP, uma diminuição drástica da complacência pulmonar ocorrerá devido à entrada de ar no pulmão colapsado e comprimido pelas estruturas do mediastino, uso de roletes para melhorar a exposição cirúrgica do hemitórax que está em cirurgia e também devido à pressão exercida pelo conteúdo abdominal. Mesquida et al. demonstraram em um modelo experimental como a redução

da complacência pulmonar, enquanto o volume de sangue é mantido constante, estava relacionada com o aumento dos parâmetros dinâmicos.²⁴ A complacência pulmonar também é reconhecida como um fator que influencia a pressão intratorácica.²⁵ Sabe-se que a rigidez pulmonar pode tamponar a transmissão das pressões respiratórias para o sistema cardiovascular.²⁶ Monnet et al. observaram em pacientes com SDRA que quando a complacência do sistema respiratório ficou abaixo de 30 mL.cm⁻¹ H₂O, a VPP perdeu seu poder para avaliar a capacidade de resposta a fluidos.^{27,28} Em nosso estudo, o aumento dos valores da VVS durante a VMP poderia ser explicado também pela diminuição da complacência pulmonar.

Cirurgia torácica aberta

A cirurgia torácica aberta foi outro fator proposto para a limitação da validade dos índices dinâmicos durante a VMP. Diferentes estudos mostram como o poder preditivo da VVS para a capacidade de resposta a fluidos diminui nesse cenário.²⁹ Porém, há alguma discrepância nesses achados porque a maioria das pesquisas foi conduzida em cirurgia cardíaca, na qual as condições ventilatórias ocorrem com pleura aberta. Durante a VMP, mantivemos a pleura fechada em um dos pulmões, enquanto aquela do pulmão não ventilado ficou aberta. Nessa situação, uma quantidade da pressão gerada pelo ventilador será transmitida para a atmosfera, e não para os vasos intratorácicos e o coração, produzirá o efeito de que a ventilação sobre o volume de carga será imprevisível.^{17,30-32} Além disso, se a cirurgia torácica aberta for combinada com outras condições, como VMP e modificação no fluxo sanguíneo pulmonar para o pulmão ventilado, a resposta previsível da administração de fluidos será ainda mais complexa.

No entanto, não acreditamos que a cirurgia torácica aberta possa influenciar a ausência de relação entre ventilação e VVS porque observamos que, à medida que a ventilação dos dois pulmões foi restaurada (com pleura aberta), a relação entre os parâmetros respiratório e cardíaco foi restabelecida. Em nosso estudo, demonstramos que quando ventilávamos os dois pulmões com um VC de 8 mL.kg⁻¹, tanto no início da cirurgia (cirurgia torácica fechada) quanto no fim (cirurgia torácica aberta), a relação entre os parâmetros respiratórios (pressão das vias aéreas e complacência pulmonar) e a VVS foi significativa, mas fraca, refletiu que o aumento da pressão intratorácica devido à ventilação mecânica resultou em uma variabilidade maior no preenchimento do ventrículo esquerdo. De forma contrária, durante a VMP (quando registramos uma pressão mais alta das vias aéreas e menos complacência pulmonar), o estabelecimento de um VC baixo (6 mL.kg⁻¹) não mostrou efeito sobre a VVS. Devemos destacar outra circunstância nem sempre levada em consideração: a de que o VC escolhido para o pulmão dependente seria maior que o usado durante a VDP (4 mL por pulmão).

Limitações

Os pacientes que precisaram da administração de volume ou de medicamentos vasoconstritores para melhorar seu estado hemodinâmico não foram incluídos na análise da relação

entre as variáveis ventilatórias e hemodinâmicas. Porém, acreditamos que a exclusão desses pacientes pode tornar os resultados mais consistentes, uma vez que poderiam modificar os valores na presença de hipovolemia ou períodos hipotensivos.

Estudos que avaliam a utilidade da VVS para identificar pacientes que podem se beneficiar da administração de *bolus* de líquidos não podem usar os mesmos valores-limite durante a VDP ou VMP. A relação entre os valores cardiopulmonares e a VVS é perdida durante a VMP com estratégias de ventilação protetora.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Marik PE, Monnet X, Teboul JL. Hemodynamic parameters to guide fluid therapy. *Ann Intensive Care*. 2011;1:1.
2. Reuter DA, Bayerlein J, Goepfert MS, et al. Influence of tidal volume on left ventricular stroke volume variation measured by pulse contour analysis in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2003;29:476–80.
3. Haas S, Eichhorn V, Hasbach T, et al. Goal-directed fluid therapy using stroke volume variation does not result in pulmonary fluid overload in thoracic surgery requiring one-lung ventilation. *Crit Care Res Pract*. 2012;2012:687018.
4. Magder S. Clinical usefulness of respiratory variations in arterial pressure. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;169:151–5.
5. Preisman S, Kogan S, Berkenstadt H, et al. Predicting fluid responsiveness in patients undergoing cardiac surgery: functional haemodynamic parameters including the respiratory systolic variation test and static preload indicators. *Br J Anaesth*. 2005;95:746–55.
6. Zhang J, Chen CQ, Lei XZ, Feng ZY, Zhu SM. Goal-directed fluid optimization based on stroke volume variation and cardiac index during one lung ventilation in patients undergoing thoracoscopy lobectomy operations: a pilot study. *Clinics*. 2013;68:1065–70.
7. Reuter DA, Goepfert MSG, Goresch T, Schmoeckel M, Kilger E, Goetz AE. Assessing fluid responsiveness during open chest conditions. *Br J Anaesth*. 2005;94:318–23.
8. Reuter DA, Kirchner A, Felbinger TW, et al. Usefulness of left ventricular stroke volume variations to assess fluid responsiveness in patients with reduced left ventricular function. *Crit Care Med*. 2003;31:1399–404.
9. Monnet X, Rienzo M, Osman D, et al. Esophageal Doppler monitoring predicts fluid responsiveness in critically ill ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2005;31:1195–201.
10. Licker M, de Perrot M, Spiliopoulos A, et al. Risk factors for acute lung injury after thoracic surgery for lung cancer. *Anesth Analg*. 2003;97:1558–65.
11. Wu CY, Lee TS, Chan KC, Jeng CS, Cheng YJ. Does targeted pre-load optimisation by stroke volume variation attenuate a reduction in cardiac output in the prone position. *Anaesthesia*. 2012;67:760–4.
12. De Backer D, Heenen S, Piagnerelli M, Koch M, Vincent JL. Pulse pressure variations to predict fluid responsiveness: influence of tidal volume. *Intensive Care Med*. 2005;31:517–23.
13. Charron C, Fessenmeyer C, Cosson C, et al. The influence of tidal volume on the dynamic variables of fluid responsiveness in critically ill patients. *Anesth Analg*. 2006;102:1511–7.
14. Kim HK, Pinsky M. Effect of tidal volume, sampling duration, and cardiac contractility on pulse pressure and stroke volume variation during positive-pressure ventilation. *Crit Care Med*. 2008;36:2858–62.
15. De Backer D, Taccone FS, Holsten R, Ibrahim F, Vincent JL. Influence of respiratory rate on stroke volume variation in mechanically ventilated patients. *Anesthesiology*. 2009;110:1092–7.
16. Suehiro K, Okutani R. Influence of tidal volume for stroke volume variation to predict fluid responsiveness in patients undergoing one-lung ventilation. *J Anesth*. 2011;25:777–80.
17. Suehiro K, Okutani R. Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing one-lung ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2010;24:772–5.
18. Fu Q, Zhao F, Mi W, Zhang H. Stroke volume variation fail to predict fluid responsiveness in patients undergoing pulmonary lobectomy with one-lung ventilation using thoracotomy. *BioScience Trends*. 2014;8:59–63.
19. Lee JH, Jeon Y, Bahk JH, et al. Pulse pressure variation as a predictor of fluid responsiveness during one-lung ventilation for lung surgery using thoracotomy: randomised controlled study. *Eur J Anaesthesiol*. 2011;28:39–44.
20. Novak RA, Matuschak GM, Pinsky MR. Effect of ventilatory frequency on regional pleural pressure. *J Appl Physiol*. 1988;65:1314–23.
21. Monnet X, Teboul JL. Assessment of volumetric responsiveness during mechanical ventilation: recent advances. *Critical Care*. 2013;17:217.
22. Slinger PD, Campos JH. In: Miller RD, editor. *Anesthesia for thoracic surgery*. Miller's Anesthesia. 7th ed. Philadelphia, USA: Elsevier Churchill Livingstone; 2009. p. 1819–87.
23. Trepte C, Haas S, Nitzschke R, Salzwedel C, Goetz A, Reuter DA. Prediction of volume-responsiveness during one-lung ventilation: a comparison of static, volumetric, and dynamic parameters of cardiac preload. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2013;27:1094–100.
24. Mesquida J, Kim HK, Pinsky MR. Effect of tidal volume, intrathoracic pressure and cardiac contractility on variations in pulse pressure, stroke volume and intrathoracic blood volume. *Intensive Care Med*. 2011;37:1672–9.
25. Romand JA, Shi W, Pinsky MR. Cardiopulmonary effects of positive pressure ventilation during acute lung injury. *Chest*. 1995;108:1041–8.
26. Jardin F, Genevray B, Brun-Ney D, Bourdarias JP. Influence of lung and chest wall compliances on transmission of airway pressure to the pleural space in critically ill patients. *Chest*. 1985;88:653–8.
27. Monnet X, Rienzo M, Osman D, et al. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit Care Med*. 2006;34:1402–7.
28. Monnet X, Bleibtreu A, Ferré A, et al. Passive leg-raising and end-expiratory occlusion tests perform better than pulse pressure variation in patients with low respiratory system compliance. *Crit Care Med*. 2012;40:152–7.
29. Kubitz JC, Annecke T, Kemming GI, et al. The influence of positive end-expiratory pressure on stroke volume variation and central blood volume during open and closed chest conditions. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2006;30:90–5.
30. de Waal EE, Rex S, Kruitwagen CL, Kalkman CJ, Buhre WF. Dynamic preload indicators fail to predict fluid responsiveness in open-chest conditions. *Crit Care Med*. 2009;37:510–5.
31. Whyffels P, Sergeant P, Wouters P. The value of pulse pressure and stroke volume variation as predictors of fluid responsiveness during open chest surgery. *Anaesthesia*. 2010;65:704–9.
32. Trepte C, Haas S, Meyer N, et al. Effects of one-lung ventilation on thermoluted-derived assessment of cardiac output. *Br J Anaesth*. 2012;108:922–8.