

ESTUDO CLÍNICO

Pressão expiratória final positiva individualizada em pacientes submetidos à lobectomia toracoscópica: um ensaio clínico randomizado

Yuying Zhang, Meng Zhang, Xu'an Wang, Gaocheng Shang, Youjing Dong*

Department of Anesthesiology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang, China

Recebido em 23 de dezembro de 2019; aceito em 2 de abril de 2021

PALAVRAS-CHAVE:

Pressão expiratória final positiva;
Mecânica respiratória;
Oxigenação;
Cirurgia toracoscópica
videoassistida

RESUMO:

Justificativa e objetivos: Com o estudo intensivo das estratégias de ventilação protetora pulmonar, as pessoas começam a defender a aplicação individualizada da pressão expiratória final positiva (PEEP). Este estudo investigou a PEEP ideal em pacientes durante a ventilação monopulmonar (VMP) e seus efeitos na mecânica pulmonar e na oxigenação.

Métodos: Cinquenta e oito pacientes submetidos à lobectomia toracoscópica eletiva foram divididos aleatoriamente em dois grupos. Ambos os grupos receberam uma manobra de recrutamento alveolar (MRA) após VMP. Os pacientes do Grupo A receberam PEEP ótima seguida por titulação decrescente da PEEP, enquanto o Grupo B recebeu PEEP padrão de 5 cmH₂O até o final da VMP. Índices relevantes da mecânica respiratória, oxigenação pulmonar e hemodinâmica foram registrados após a entrada na sala de cirurgia (T0), 10 minutos após a intubação (T1), pré-MRA (T2), 20 minutos após a aplicação da PEEP ideal (T3), no final da VMP (T4) e ao final da cirurgia (T5). Os resultados pós-operatórios também foram avaliados.

Resultados: A PEEP ótima obtida no Grupo A foi de $8,8 \pm 2,4$ cmH₂O, que se correlacionou positivamente com o IMC e a capacidade vital forçada (CVF). O grupo A apresentou maior CPAT do que o grupo B em T3, T4, T5 ($p < 0,05$) e menor P do que o grupo B em T3, T4 ($p < 0,01$). Em T4, a PaO₂ foi significativamente maior no Grupo A ($p < 0,01$). No T3, a variação do volume sistólico foi maior no Grupo A ($p < 0,01$). Os resultados pós-operatórios não diferiram entre os dois grupos.

Conclusões: Nossos achados sugerem que a PEEP individualizada pode aumentar a complacência pulmonar, reduzir a pressão de direção e melhorar a oxigenação pulmonar em pacientes submetidos à lobectomia toracoscópica, com pouco efeito na hemodinâmica.

Autor correspondente:

E-mail: dyj1cn@163.com (Y. Dong).

<https://doi.org/10.1016/j.bjane.2021.04.001>

© 2021 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Introdução

A ventilação monopolmonar (VMP) é frequentemente necessária em cirurgia torácica para atingir o isolamento pulmonar. Essa ventilação não-fisiológica pode afetar a oxigenação pulmonar e causar alterações na mecânica respiratória. Durante a ventilação monopolmonar, uma estratégia de ventilação protetora pulmonar que envolve uma manobra de recrutamento alveolar (MRA) e pequeno volume corrente mais uma pressão expiratória final positiva (PEEP) é recomendada, o que pode evitar a superexpansão dos alvéolos e seu colapso cíclico e reexpansão. Essa estratégia permite o manejo individualizado de acordo com a situação específica do paciente e o processo cirúrgico.¹ Para diferentes pacientes, diferentes respostas ao mesmo nível de PEEP são geradas devido à heterogeneidade pulmonar, e uma recomendação de consenso recente entre os especialistas sobre ventilação pulmonar protetora em pacientes cirúrgicos sugere que estratégias individualizadas de PEEP podem otimizar a mecânica respiratória e reduzir complicações pulmonares pós-operatórias.²

A lobectomia toracoscópica é a operação mais comum em cirurgia torácica, portanto, nosso estudo teve como objetivo explorar o efeito da PEEP individualizada na mecânica respiratória intraoperatória e na oxigenação pulmonar em pacientes submetidos a tal cirurgia, a fim de fornecer uma referência para a aplicação individualizada de PEEP durante a cirurgia no futuro.

Métodos

Este foi um ensaio clínico prospectivo, randomizado e controlado, aprovado pelo comitê de ética médica de nosso hospital (2019PS613K). A pesquisa foi conduzida de acordo com a Declaração de Helsinque de 1975 (revisada em 2000) e todos os pacientes assinaram um termo de consentimento informado. O estudo foi registrado no Chinese Clinical Trial Registry (ChiCTR1900027148).

População de estudo

Foram selecionados pacientes submetidos à lobectomia toracoscópica eletiva, com idade acima de 18 anos e estado físico I-III da American Society of Anesthesiologists (ASA) I-III. Os critérios de exclusão incluíram: (1) classificação da função cardíaca III-IV da New York Heart Association (NYHA); (2) Hemoglobina pré-operatória <100 g.L⁻¹; (3) presença de bolhas pulmonares; (4) uma mudança para ressecção em cunha ou toracotomia durante a cirurgia; e (5) tempo de operação inferior a 30 minutos.

Protocolo de estudo

Os pacientes foram divididos em dois grupos por sequência aleatória gerada por computador após a entrada na sala de cirurgia. Eletrocardiografia e saturação periférica de oxigênio (SpO₂) foram monitoradas rotineiramente. Um cateter de punção da artéria radial foi inserido para monitorar a pressão arterial invasiva e conectado ao monitor FloTrac /

Vigileo (Edwards Life-sciences Company, Irvine, CA, EUA) para observar continuamente o débito cardíaco (DC) e a variação do volume sistólico (SVV). Um índice bispectral (BIS) (Aspect Company, Newton, MA, EUA) também foi usado para manter uma profundidade adequada de sedação.

Após pré-oxigenação por 5 minutos, o paciente recebeu indução anestésica com sufentanil 0,2 g.kg⁻¹, etomidato 0,2 mg.kg⁻¹ e cisatracúrio 0,15 mg.kg⁻¹. Um tipo apropriado de duplo lúmen foi escolhido de acordo com a altura do paciente e as necessidades da operação. Após a intubação, usamos o broncoscópio de fibra ótica para confirmar se o duplo lúmen estava na posição correta. A anestesia foi mantida com inalação de sevoflurano a 1 a 2%, infusão intravenosa contínua de propofol de 4 a 12 mg.kg⁻¹.h⁻¹ e remifentanil de 0,1-0,2 g.kg⁻¹.min⁻¹, visando um BIS entre 40-60. O relaxante muscular, cisatracúrio, foi utilizado na hora de acordo com a necessidade durante a cirurgia. A taxa de infusão da solução cristalóide foi de 3 mL.kg⁻¹.h⁻¹. Antes do término da cirurgia, analgesia e medicamentos antináusea foram administrados de rotina.

As configurações de ventilação e os pontos de intervenção relacionados são os seguintes. A ventilação controlada a volume foi adotada. O volume corrente durante a ventilação bilateral foi ajustado em 6-8 mL.kg⁻¹ do peso corporal previsto com uma concentração inspirada de oxigênio (FiO₂) de 100%. A taxa de inspiração e expiração (I / E) foi de 1: 2 e a taxa respiratória foi de 12-20 vezes por minuto para manter o dióxido de carbono expirado (EtCO₂) entre 35-45 mmHg (1 mmHg = 0,133 kPa). Após a movimentação do paciente para a posição lateral, o duplo lúmen foi novamente confirmado com o broncoscópio de fibra ótica. Os dois manguitos foram insuflados com ar adequado e iniciou-se a ventilação monopolmonar. O volume corrente foi alterado para 5 a 7 mL.kg⁻¹ do peso corporal previsto, com os demais parâmetros iguais aos anteriores. Em seguida, uma MRA foi realizada no pulmão saudável sob o status de volume adequado e hemodinâmica estável. O método foi o seguinte.³ O volume corrente inicial foi ajustado para 6 mL.kg⁻¹ do peso corporal previsto, o I / E foi alterado para 1: 1, e o volume corrente foi aumentado sucessivamente em 2 mL.kg⁻¹. Cada nível de volume corrente foi mantido por seis ciclos respiratórios até a pressão de platô (PPLAT) exceder 30 cmH₂O (1 cmH₂O = 0,098 kPa). O grupo A foi tratado com 15 cmH₂O PEEP, enquanto o grupo B foi tratado com 5 cmH₂O de PEEP. Os parâmetros respiratórios foram alterados de volta ao início da ventilação monopolmonar em ambos os grupos. Em seguida, o grupo A foi titulado usando um ensaio de diminuição da PEEP, iniciando a PEEP em 15 cmH₂O. Em seguida, o nível de PEEP foi diminuído a cada 2 cmH₂O com intervalos de 2 minutos até que a complacência pulmonar máxima (CPAT) fosse obtida no nível de PEEP ideal.⁴ Então, o nível de aplicação de PEEP do Grupo A mudou para PEEP ideal, enquanto o Grupo B permaneceu inalterado. Durante o processo acima, se a pressão arterial caísse mais de 20% de seu nível básico, a efedrina era imediatamente administrada para intervenção. Se a SpO₂ for inferior a 90%, o processo de pesquisa será suspenso. A PEEP foi interrompida ao final da ventila-

ção monopulmonar em ambos os grupos, e o recrutamento pulmonar manual foi aplicado ao pulmão não ventilado no início da ventilação bilateral.

Desfechos

Os seis momentos seguintes foram estabelecidos: após a entrada na sala de cirurgia (T0), 10 minutos após a intubação (T1), antes da MRA (T2), 20 minutos após a aplicação da PEEP ideal (T3), ao final da ventilação monopulmonar (T4), e no final da cirurgia (T5). Os índices de mecânica respiratória relevantes, incluindo PPLAT, pressão de pico (P_{PEAK}), C_{PAT} e pressão motriz (ΔP) foram registrados em T1-T5. Índices de oxigenação pulmonar incluindo pH, pressão parcial de oxigênio arterial (PaO_2) e pressão parcial de dióxido de carbono arterial ($PaCO_2$) em T0, T3 e T4 foram registrados. Além disso, registramos os parâmetros hemodinâmicos de T0 – T5 incluindo pressão arterial média (PAM), frequência cardíaca (FC), débito cardíaco (DC) e variação do volume sistólico (VVS). A incidência de complicações pulmonares pós-operatórias (incluindo infecção pulmonar, atelectasia, hipoxemia) em 3 dias e o tempo de internação hospitalar após a cirurgia também foram avaliados.

Tamanho da amostra

O tamanho da amostra foi calculado com base no resultado primário “o C_{PAT} em T4”. Em nossos experimentos preliminares, incluímos 16 pacientes. O C_{PAT} em T4 foi de $33,6 \pm 6,1$ mL.cm⁻¹H₂O no grupo experimental, enquanto no grupo controle foi de $27,2 \pm 4,7$ mL.cm⁻¹H₂O. E com base nisso, calculamos o tamanho da amostra e foram necessários pelo menos 22 pacientes para cada grupo, assumindo um erro tipo I bicaudal (α) de 0,01 e um poder de 90%. Considerando a potencial perda de dados, um total de 70 pacientes foram incluídos neste estudo.

Análise estatística

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi usado para avaliar se as variáveis contínuas estão de acordo com a distribuição normal. Quando isso ocorre, as variáveis contínuas foram representadas como média \pm desvio padrão e o teste t de duas amostras independentes foi usado para comparação entre os grupos, caso contrário, o teste U de Mann-Whitney foi usado. Um teste de correlação de Pearson foi usado para analisar a correlação entre duas variáveis. Variáveis categóricas foram expressas na forma de número de casos e o teste do qui-quadrado foi utilizado para comparações intergrupos. Um valor de p inferior a 0,05 foi considerado estatisticamente significativo. O software SPSS 23.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, EUA) foi usado para processamento de dados.

Resultados

Um total de 58 pacientes, 29 pacientes no Grupo A e 29 pacientes no Grupo B, foram finalmente incluídos na análise (Fig. 1). Não houve diferenças significativas na idade, sexo, estado físico ASA, altura, peso, índice de massa corporal (IMC), sítio cirúrgico, tempo de cirurgia, tempo de VMP e função pulmonar pré-operatória entre os dois grupos (Tabela 1).

PEEP ideal

A PEEP ideal obtida usando titulação decrescente da PEEP com base na complacência pulmonar no Grupo A foi de $8,8 \pm 2,4$ cmH₂O, que foi significativamente diferente em comparação com os 5 cmH₂O fixos no Grupo B ($t = 8,47$, $p < 0,01$, IC 95% da diferença foi de 2,9 a 4,7 cmH₂O). Além disso, a correlação entre a PEEP ideal e as características do paciente foi analisada posteriormente. Verificou-se que houve correlação significativa entre a PEEP ideal e o IMC ($r = 0,756$, $p < 0,01$). Também houve correlação entre a PEEP ideal e a CVF ($r = 0,406$, $p < 0,05$).

Mecânica respiratória

Não houve diferença significativa no P_{PLAT} e P_{PEAK} entre os dois grupos em todos os momentos ($p > 0,05$). Em comparação com o grupo B, o C_{PAT} do grupo A em T3, T4 e T5 foram maiores ($p < 0,05$). E o ΔP em T3 e T4 no grupo A foram menores ($p < 0,01$) (Tabela 2).

Oxigenação pulmonar

Não houve diferença estatisticamente significativa na PaO_2 básica entre os dois grupos após entrar na sala de cirurgia sem pré-oxigenação ($p > 0,05$). PaO_2 no Grupo A foi significativamente maior do que no Grupo B em T4 ($p < 0,01$). Não houve diferença significativa na $PaCO_2$ e pH entre os dois grupos ($p > 0,05$, Tabela 3).

Hemodinâmica

Não houve diferença significativa na PAM, FC ou DC entre os dois grupos em todos os momentos ($p > 0,05$). Em comparação com o grupo B, a VVS no grupo A foi maior em T3 ($p < 0,01$), e não houve outras diferenças estatisticamente significativas na VVS entre os dois grupos em nenhum outro momento ($p > 0,05$) (Tabela 4).

Complicações pulmonares pós-operatórias

Acompanhamos os pacientes no pós-operatório de 3 dias e constatamos que 2 pacientes do Grupo A desenvolveram infecção pulmonar, 3 pacientes desenvolveram atelectasia e 1 paciente desenvolveu hipoxemia. Enquanto no Grupo B, 3 pacientes desenvolveram infecção pulmonar, 6 pacientes desenvolveram atelectasia e 2 pacientes desenvolveram hipoxemia. O tempo de internação após a cirurgia foi de $7,4 \pm 1,9$ dias e $8,1 \pm 3,1$ dias, respectivamente. Embora o número de casos no Grupo B tenha sido maior, a incidência de complicações pulmonares pós-operatórias não diferiu entre os dois grupos ($p > 0,05$). Tampouco o tempo de internação pós-operatória ($p > 0,05$).

Discussão

Neste estudo, a PEEP ideal obtida pela titulação decrescente da PEEP com base na complacência pulmonar após a MRA foi de $8,8 \pm 2,4$ cmH₂O, o que foi significativamente diferente da configuração convencional de 5 cmH₂O, indicando que os valores que definimos no uso diário são relativamente conservadores. Isso pode ser devido ao re-

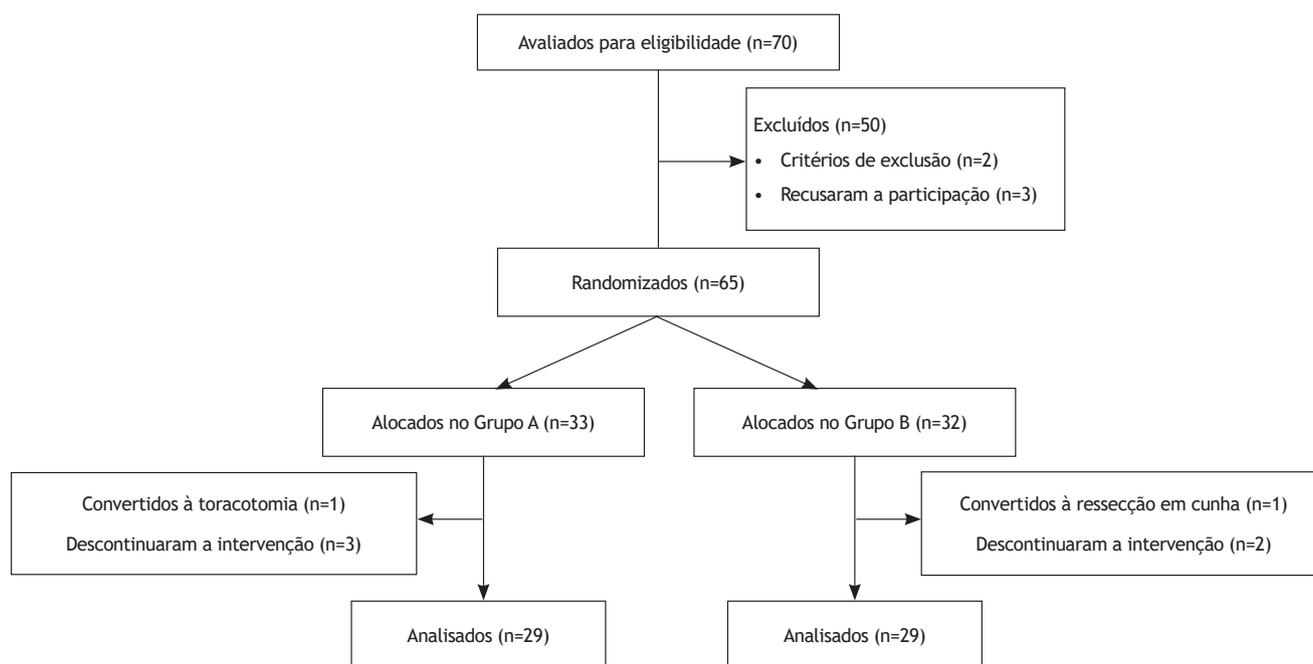


Figura 1 Diagrama de fluxo do estudo.

Tabela 1 Dados demográficos dos pacientes

	Grupo A (n = 29)	Grupo B (n = 29)	valor -p
Idade (anos)	59 ± 8	60 ± 6	0,414
Sexo (masculino / feminino)	12/17	11/18	0,788
ASA (I/II/III)	1/26/2	1/25/3	0,896
Altura (cm)	165,9 ± 6,7	164,1 ± 7,7	0,289
Peso (kg)	65,7 ± 10,7	66,6 ± 9,3	0,734
IMC (kg/m ²)	23,8 ± 3,0	24,7 ± 3,0	0,246
Local cirúrgico (esquerdo / direito)	12/17	13/16	0,791
Duração da cirurgia (min)	130 ± 15	129 ± 17	0,865
Duração de VMP (min)	104 ± 13	102 ± 16	0,575
VEF1 (L)	2,6 ± 0,6	2,4 ± 0,7	0,378
CVF (L)	3,2 ± 0,6	3,1 ± 0,8	0,561
VEF1/CVF (%)	80,8 ± 9,1	78,6 ± 9,5	0,239

Os valores são expressos como média ± DP para variáveis contínuas e o teste t de duas amostras independentes é usado para comparações entre grupos;

Os valores são expressos como o número de pacientes para variáveis categóricas e o teste Qui-quadrado é usado para comparações entre grupos. O grupo A é o grupo experimental; O Grupo B é o grupo de controle.

ASA, estado físico da American Society of Anesthesiologists; IMC, índice de massa corporal; VMP, ventilação de um pulmão; VEF1, volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF, capacidade vital forçada.

crutamento pulmonar adequado com o uso de ventilação controlada por volume para aumentar gradativamente o volume corrente e alongar o I / E, seguido de PEEP para manter o volume pulmonar expiratório final, o que melhorou a eficiência ventilatória e reduziu o volume morto fisiológico.^{5,6} Durante um pulmão ventilação, reduzimos ligeiramente o volume corrente para 5-7 mL.kg⁻¹ do peso corporal previsto, para garantir que os pacientes pudessem obter ventilação suficiente semelhante à ventilação

de dois pulmões. Além disso, realizamos uma exploração adicional sobre quais características do paciente são relevantes para a PEEP ideal. Por fim, descobrimos que a PEEP ideal apresentou correlação significativamente positiva com o IMC e também certa correlação positiva com a CVF, o que pode ter um significado orientador para a prática clínica. Como é difícil demonstrar a interdependência entre eles, não podemos fornecer uma fórmula quantitativa fixa.

Tabela 2 Diferenças nas mecânicas respiratórias entre os grupos

	Grupo	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
P _{PLAT} (cmH ₂ O)	A	11,8 ± 2,0	18,4 ± 2,3	21,9 ± 2,5	20,5 ± 2,5	11,6 ± 2,3
	B	11,8 ± 2,7	18,6 ± 2,6	21,4 ± 2,7	19,8 ± 2,4	12,5 ± 2,8
P _{PEAK} (cmH ₂ O)	A	14,1 ± 2,3	22,6 ± 2,5	26,9 ± 3,1	24,5 ± 3,3	14,3 ± 2,4
	B	14,8 ± 2,4	24,0 ± 3,5	26,2 ± 3,8	24,6 ± 3,2	15,6 ± 2,7
C _{PAT} (mL/cmH ₂ O)	A	41,7 ± 6,0	23,3 ± 4,8	28,9 ± 4,9*	32,0 ± 5,1**	41,8 ± 6,3*
	B	39,3 ± 6,5	21,0 ± 4,5	26,3 ± 4,4	28,1 ± 4,3	37,6 ± 6,6
ΔP (cmH ₂ O)	A	11,8 ± 2,0	18,4 ± 2,3	13,1 ± 3,2**	11,7 ± 3,3**	11,6 ± 2,3
	B	11,8 ± 2,7	18,6 ± 2,6	16,4 ± 2,7	14,8 ± 2,4	12,5 ± 2,8

Os valores são expressos como média ± DP para variáveis contínuas e o teste t de duas amostras independentes é usado para comparações entre grupos.

O grupo A é o grupo experimental; O Grupo B é o grupo de controle.

Teste t de duas amostras independentes ^ap<0,05, Grupo A vs. Grupo B.

Teste t de duas amostras independentes ^bp <0,01, Grupo A vs. Grupo B.

PPLAT, pressão de platô; PPEAK, pressão de pico; CPAT, Distensão Pulmonar; P, pressão motriz; T1, 10 min após a intubação; T2, antes de MRA; T3, 20 min após a aplicação da PEEP ótima; T4, ao final da ventilação monopulmonar; T5, no final da cirurgia.

Tabela 3 Diferenças nas mecânicas respiratórias entre os grupos

	Grupo	T ₀	T ₃	T ₄
PaO ₂ (mmHg)	A	79,8 ± 8,6	334,2 ± 53,1	310,6 ± 43,6**
	B	79,1 ± 10,6	316,0 ± 45,2	237,8 ± 40,4
PaCO ₂ (mmHg)	A	40,7 ± 3,5	40,3 ± 2,1	41,7 ± 3,2
	B	41,5 ± 2,8	40,9 ± 3,0	40,8 ± 3,0
pH	A	7,41 ± 0,03	7,40 ± 0,03	7,39 ± 0,03
	B	7,41 ± 0,02	7,40 ± 0,03	7,39 ± 0,05

Os valores são expressos como média ± DP para variáveis contínuas e o teste t de duas amostras independentes é usado para comparações entre grupos.

O grupo A é o grupo experimental; O Grupo B é o grupo de controle.

Teste t de duas amostras independentes ^bp <0,01, Grupo A vs. Grupo B.

PaO₂, pressão parcial de oxigênio arterial; PaCO₂, pressão parcial de dióxido de carbono arterial; T0, após a entrada na sala de cirurgia; T3, 20min após a aplicação da PEEP ótima; T4, ao final da ventilação monopulmonar.

Tabela 4 Diferenças na hemodinâmica entre os grupos

	Grupo	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
PAM (mmHg)	A	103 ± 10	85 ± 8	86 ± 9	82 ± 8	86 ± 9	94 ± 10
	B	101 ± 10	84 ± 8	84 ± 8	79 ± 5	84 ± 7	97 ± 9
FC (beats/min)	A	72 ± 7	69 ± 8	67 ± 7	67 ± 8	71 ± 8	75 ± 8
	B	70 ± 7	66 ± 7	69 ± 9	67 ± 7	69 ± 7	75 ± 8
DC (L/min)	A	5.5 ± 0.4	3.9 ± 0.5	4.5 ± 0.4	4.4 ± 0.4	4.7 ± 0.4	5.0 ± 0.4
	B	5.4 ± 0.5	3.6 ± 0.6	4.3 ± 0.4	4.2 ± 0.5	4.6 ± 0.5	4.8 ± 0.5
VVS (%)	A	10.8 ± 1.0	12.6 ± 1.0	11.0 ± 1.1	10.0 ± 0.9**	9.4 ± 0.9	9.2 ± 1.0
	B	10.5 ± 0.9	12.1 ± 1.4	10.4 ± 1.0	9.3 ± 0.9	9.0 ± 1.0	9.2 ± 1.1

Os valores são expressos como média ± DP para variáveis contínuas e o teste t de duas amostras independentes é usado para comparações entre grupos.

O grupo A é o grupo experimental; O Grupo B é o grupo de controle.

Teste t de duas amostras independentes ^bp <0,01, Grupo A vs. Grupo B.

PAM, pressão arterial média; FC, frequência cardíaca; DC, débito cardíaco; VVS, variação do volume sistólico; T0, após entrada na sala de cirurgia; T1, 10 min após a intubação; T2, antes de ARM; T3, 20 min após a aplicação da PEEP ótima; T4, ao final da ventilação monopulmonar; T5, no final da cirurgia.

Quanto à comparação da mecânica respiratória, pode-se prever que não houve diferença significativa na pressão das vias aéreas entre os dois grupos após a aplicação da PEEP. Mostra que a aplicação de PEEP individualizada, embora superior ao nível comumente utilizado, não resulta em aumento significativo da pressão nas vias aéreas. A aplicação de PEEP pode efetivamente melhorar a complacência pulmonar. Em nosso estudo, o efeito da PEEP individualizada foi mais evidente e durou até o final da cirurgia, embora ao final da ventilação monopulmonar tivéssemos interrompido o uso da PEEP. Mais estudos são necessários para determinar por quanto tempo o efeito pode durar e se ele poderia beneficiar os pacientes no período pós-operatório.⁷ A pressão motriz é o gradiente de pressão necessário para gerar um determinado volume corrente, igual à razão entre o volume corrente e a complacência pulmonar, simplificado por P_{PLAT} menos PEEP.⁸ O uso de PEEP reduziu a pressão motriz necessária para atingir o mesmo nível de volume corrente, e a PEEP individualizada foi mais eficaz, mas esse efeito só foi mantido durante a ventilação monopulmonar.

A hipoxemia é um fenômeno comum que ocorre no início da ventilação monopulmonar devido ao desequilíbrio entre a ventilação e o fluxo sanguíneo, o aumento do shunt intrapulmonar e o efeito da gravidade na posição lateral.^{9,10} Na prática clínica, a hipoxemia pode ser parcialmente aliviado pelo aumento da concentração de oxigênio inspirado, recrutamento pulmonar manual, uso de PEEP e sucção de escarro.¹¹ Neste estudo, a oxigenação durante a ventilação monopulmonar também atingiu um nível satisfatório, e a PaO_2 no Grupo A foi significativamente maior do que no Grupo B em T4, indicando que a PEEP individualizada foi útil para melhorar a oxigenação, embora precise de algum tempo para exercer plenamente seu efeito. Outro estudo comparou a ventilação sob a orientação de pressão motriz mínima com a ventilação de proteção pulmonar tradicional e descobriu que não havia diferença significativa na oxigenação entre os grupos durante a ventilação monopulmonar.¹² Além disso, os estudos investigaram se a MRA ou o uso de PEEP pode melhorar a oxigenação e, finalmente, concluiu que o uso de PEEP sozinho poderia melhorar significativamente a oxigenação em pacientes submetidos a cirurgia não abdominal.¹³ Outros estudos sugeriram que a MRA individualizada deve ser seguida por PEEP individualizada para tornar as configurações dos parâmetros de ventilação mais precisas.¹⁴ Embora esses estudos têm sido realizados em diferentes tipos de cirurgia e têm produzido resultados ligeiramente diferentes, a aplicação da PEEP individualizada é geralmente inofensiva para melhorar a oxigenação dos pacientes e tende a ser contínua após a MRA.

Por meio da monitoração contínua da hemodinâmica, a aplicação da PEEP individualizada não resultou em diminuição do débito cardíaco ou flutuação dramática da hemodinâmica sob a premissa de otimização do estado de volume. Observou-se que a VVS no Grupo A foi maior do que no Grupo B em T3, refletindo que uma demanda potencial de líquido pode existir no estágio inicial para o uso de um nível mais alto de PEEP dentro de uma faixa razoável.

No entanto, não afetou o débito cardíaco. Foi relatado na literatura que o nível de aplicação de PEEP acima de 12 cmH_2O durante a cirurgia abdominal aberta poderia aumentar a necessidade de fluidos.¹⁵ Atualmente, a precisão do uso de VVS para guiar a infusão ao usar PEEP em cirurgia torácica ainda é questionada.¹⁶⁻¹⁸ Porém, é importante ter um referencial que ajude a compreender a demanda de capacidade dos pacientes de acordo com as mudanças dinâmicas da VVS, que precisa ser analisada de acordo com as condições clínicas específicas.¹⁹

As complicações pulmonares pós-operatórias referem-se a eventos respiratórios fatais ou não fatais ocorridos recentemente no período pós-operatório, incluindo insuficiência respiratória, lesão pulmonar, infecção pulmonar, atelectasia, hipoxemia, intubação endotraqueal não planejada e ventilação mecânica. Estão associados a aumento da morbidade, tempo de internação hospitalar e mortalidade após cirurgia de grande porte.²⁰ Neste estudo, acompanhamos a incidência de infecção pulmonar, hipoxemia e atelectasia em 3 dias após a cirurgia e o tempo de internação pós-operatória. O diagnóstico de infecção pulmonar pode ser feito se a contagem de leucócitos exceder $12 * 10^9 / \text{L}$ em dois exames de sangue de rotina consecutivos após a cirurgia. O diagnóstico de hipoxemia poderia ser feito se a PaO_2 fosse inferior a 60 mmHg em duas análises de gases sanguíneos consecutivas após a cirurgia. A atelectasia foi diagnosticada pelo radiologista de acordo com o resultado da tomografia computadorizada pulmonar no terceiro dia pós-operatório.

Nosso estudo também teve algumas limitações. Em primeiro lugar, não houve medição da auto PEEP. Além dos diferentes efeitos da localização e do tamanho das massas pulmonares na função pulmonar em pacientes submetidos à cirurgia torácica, outras doenças pulmonares podem ter efeitos diferentes na complacência pulmonar. Pacientes com doença pulmonar obstrutiva podem ter uma auto PEEP maior.²¹ Em segundo lugar, não medimos a pressão no manguito. Pode haver casos em que a pressão no manguito foi menor do que a pressão de pico, de modo que ocorreu vazamento de ar durante o processo de MRA. Em terceiro lugar, a inalação de oxigênio puro para excluir a influência de outros fatores de confusão pode resultar em atelectasia absorviva e oxidativa lesão pulmonar por estresse.^{22,23} Por fim, a recuperação pós-operatória foi diagnosticada com base no exame de rotina dos pacientes após a cirurgia devido à condição limitada. Parece ser insuficiente para avaliar os resultados pós-operatórios. Aqui, também queremos enfatizar que alguns parâmetros fisiológicos foram melhorados pela titulação de MRA e PEEP, os resultados clínicos e até mesmo os benefícios da PaO_2 pareciam um tanto clinicamente irrelevantes, embora estatisticamente significativos.

Conclusão

Em resumo, a PEEP ideal obtida pela titulação decrescente da PEEP com base na complacência pulmonar individual após a MRA foi de $8,8 \pm 2,4 \text{ cmH}_2\text{O}$. Com base na premissa

de estado de volume otimizado e hemodinâmica estável, a aplicação de PEEP individualizada durante a ventilação monopulmonar pode aumentar significativamente a complacência pulmonar, reduzir a pressão motriz e melhorar o estado de oxigenação pulmonar, com pouco efeito na hemodinâmica.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Ball L, Costantino F, Orefice G, et al. Intraoperative mechanical ventilation: state of the art. *Minerva Anesthesiol.* 2017;83:1075--88.
- Young CC, Harris EM, Vacchiano C, et al. Lung-protective ventilation for the surgical patient: international expert panel-based consensus recommendations. *Br J Anaesth.* 2019;123:898--913.
- Severgnini P, Selmo G, Lanza C, et al. Protective mechanical ventilation during general anesthesia for open abdominal surgery improves postoperative pulmonary function. *Anesthesiology.* 2013;118:1307--21.
- Maisch S, Reissmann H, Fuellekrug B, et al. Compliance and dead space fraction indicate an optimal level of positive end-expiratory pressure after recruitment in anesthetized patients. *Anesth Analg.* 2008;106:175--81.
- Choi YS, Bae MK, Kim SH, et al. Effects of alveolar recruitment and positive end-expiratory pressure on oxygenation during one-lung ventilation in the supine position. *Yonsei Med J.* 2015;56:1421--7.
- Wirth S, Kreysing M, Spaeth J, et al. Intraoperative compliance profiles and regional lung ventilation improve with increasing positive end-expiratory pressure. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2016;60:1241--50.
- Östberg E, Thorisson A, Enlund M, et al. Positive end-expiratory pressure and postoperative atelectasis: a randomized controlled trial. *Anesthesiology.* 2019;131:809--17.
- iPROVE Network investigators, Belda J, Ferrando C, et al. The effects of an open-lung approach during one-lung ventilation on postoperative pulmonary complications and driving pressure: a descriptive, multicenter national study. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2018;32:2665--72.
- Karzaï W, Schwarzkopf K. Hypoxemia during one-lung ventilation: prediction, prevention, and treatment. *Anesthesiology.* 2009;110:1402--11.
- Chobola M, Homolka P, Benej M, et al. Ventilatory efficiency identifies patients prone to hypoxemia during one-lung ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33:1956--62.
- Spadaro S, Grasso S, Karbing DS, et al. Physiologic evaluation of ventilation perfusion mismatch and respiratory mechanics at different positive end-expiratory pressure in patients undergoing protective one-lung ventilation. *Anesthesiology.* 2018;128:531--8.
- Park M, Ahn HJ, Kim JA, et al. Driving pressure during thoracic surgery: a randomized clinical trial. *Anesthesiology.* 2019;130:385--93.
- Östberg E, Thorisson A, Enlund M, et al. Positive end-expiratory pressure alone minimizes atelectasis formation in nonabdominal surgery: a randomized controlled trial. *Anesthesiology.* 2018;128:1117--24.
- Ferrando C, Tusman G, Suarez-Sipmann F, et al. Individualized lung recruitment maneuver guided by pulse-oximetry in anesthetized patients undergoing laparoscopy: a feasibility study. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2018;62:608--19.
- The PROVE Network Investigators for the Clinical Trial Network of the European Society of Anaesthesiology. High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet.* 2014;384:495--503.
- 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.
- Xu H, Shu SH, Wang D, et al. Goal-directed fluid restriction using stroke volume variation and cardiac index during one-lung ventilation: a randomized controlled trial. *J Thorac Dis.* 2017;9:2992--3004.
- Jeong DM, Ahn HJ, Park HW, et al. Stroke volume variation and pulse pressure variation are not useful for predicting fluid responsiveness in thoracic surgery. *Anesth Analg.* 2017;125:1158--65.
- Lema Tome M, De la Gala FA, Piñeiro P, et al. Behavior of stroke volume variation in hemodynamic stable patients during thoracic surgery with one-lung ventilation periods. *Rev Bras Anesthesiol.* 2018;68:225--30.
- Güldner A, Kiss T, Serpa Neto A, et al. Intraoperative protective mechanical ventilation for prevention of postoperative pulmonary complications: a comprehensive review of the role of tidal volume, positive end-expiratory pressure, and lung recruitment maneuvers. *Anesthesiology.* 2015;123:692--713.
- Parrilla FJ, Morán I, Roche-Campo F, et al. Ventilatory strategies in obstructive lung disease. *Semin Respir Crit Care Med.* 2014;35:431--40.
- Staehr-Rye AK, Meyhoff CS, Scheffebichler FT, et al. High intraoperative inspiratory oxygen fraction and risk of major respiratory complications. *Br J Anaesth.* 2017;119:140--9.
- Okahara S, Shimizu K, Suzuki S, et al. Associations between intraoperative ventilator settings during one-lung ventilation and postoperative pulmonary complications: a prospective observational study. *BMC Anesthesiol.* 2018;18:13.

Glossário

P: Pressão motriz
 MRA: manobra de recrutamento alveolar
 ASA: American Society of Anesthesiologists
 BIS: índice bispectral
 IMC: índice de massa corporal
 DC: débito cardíaco
 CPAT: distensão pulmonar
 EtCO₂: dióxido de carbono expirado
 VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo
 FiO₂: concentração fracionária de oxigênio inspirado
 CVF: capacidade vital forçada
 FC: frequência cardíaca