



ESTUDO CLÍNICO

Resultado hemodinâmico de diferentes modos de ventilação em cirurgia laparoscópica com Trendelenburg exagerado: um ensaio clínico randomizado

Hakan Yılmaz^a, Baturay Kansu Kazbek^{a,*}, Ülkü Ceren Köksoy^a, Ahmet Murat Gül^a, Perihan Ekmekçi^a, Gamze Sinem Çağlar^b, Filiz Tüzüner^a

^a *Ufuk University Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ankara, Turkey*

^b *Ufuk University Faculty of Medicine, Department of Obstetrics and Gynecology, Ankara, Turkey*

Recebido em 9 de dezembro de 2019; aceito em 25 de abril de 2021

PALAVRAS-CHAVE:

Cirurgia laparoscópica;
Ventilação mecânica;
Monitoramento
hemodinâmico

RESUMO:

Objetivo: Comparar os efeitos hemodinâmicos de dois modos diferentes de ventilação (volume controlado e volume controlado por pressão garantido) em pacientes submetidas a cirurgias ginecológicas laparoscópicas com posição de Trendelenburg exagerada.

Métodos: Trinta pacientes submetidos a operações de ginecologia laparoscópica foram ventilados usando o modo de volume controlado por volume (Grupo CV) ou o modo de volume garantido por pressão controlada (Grupo VGPC) (n = 15 para ambos os grupos). As variáveis hemodinâmicas foram medidas usando o Método Analítico de Registro de Pressão por canulação da artéria radial, além das pressões máximas e médias das vias aéreas e volume corrente expirado.

Resultados: O único achado notável foi um índice cardíaco mais estável no Grupo VGPC, onde outros parâmetros hemodinâmicos foram semelhantes. O volume corrente expirado aumentou no Grupo CV, enquanto o pico de pressão nas vias aéreas foi menor no Grupo VGPC.

Conclusão: o VGPC causa menos perturbações hemodinâmicas medidas pelo Método Analítico de Registro de Pressão (MARP) e permite melhor controle hemodinâmico intraoperatório na posição de Trendelenburg exagerada em cirurgia laparoscópica.

Autor correspondente:

E-mail: bkkazbek@gmail.com (B.K. Kazbek).

<https://doi.org/10.1016/j.bjane.2021.04.028>

© 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 cirurgia ginecológica moderna por laparoscopia encurta o tempo de internação, causa menos dor pós-operatória e permite uma recuperação mais rápida. Para otimizar a exposição cirúrgica, a posição de Trendelenburg, definida como inclinação de 30° da cabeça para baixo, é preferida. Trendelenburg exagerado (> 30°) garante melhor acesso à pelve e abdome inferior.

O aumento da pressão intra-abdominal causado pela insuflação de dióxido de carbono (CO₂) e posição de Trendelenburg exagerada causa efeitos adversos nos sistemas cardiovascular e outros.¹ O pneumoperitônio de CO₂ utilizado em cirurgias laparoscópicas aumenta a resistência vascular sistêmica e pulmonar enquanto reduz o Índice Cardíaco (IC), causando assim um grande aumento na pós-carga e uma diminuição no débito cardíaco. A adição de Trendelenburg ao pneumoperitônio reverte a pós-carga aos níveis normais enquanto aumenta a pré-carga e a pressão de cunha pulmonar.² Considerando a necessidade de uma posição de Trendelenburg exagerada em cirurgias ginecológicas laparoscópicas, o manejo cardiovascular é preocupante.

O Método Analítico de Registro de Pressão (MARP) é a versão moderna dos métodos de medição de contorno de pulso, que foi utilizado pela primeira vez em 1800.³ Esta técnica minimamente invasiva fornece análise em tempo real das variáveis hemodinâmicas usando a forma de onda da pressão arterial obtida pela canulação radial, braquial ou artéria femoral. Este método permite o cálculo batimento a batimento do Índice de Resistência Vascular Sistêmica (IRVS), Índice de Volume Sistêmico (IVS), Índice Cardíaco (IC), Variabilidade do Volume Sistêmico (VVS), Eficiência do Ciclo Cardíaco (ECC), e pressão / tempo máximo (dP / dt_{max}).

As configurações e os modos do ventilador precisam ser ajustados para minimizar os efeitos adversos na mecânica respiratória causados pela posição de Trendelenburg e pneumoperitônio porque a capacidade residual funcional e a complacência pulmonar são diminuídas devido à limitação do movimento diafragmático.⁴ Tanto a Ventilação Controlada por Volume (VCV) quanto a Ventilação Controlada por Pressão (VCP) podem ser utilizados para esta cirurgia. No entanto, suas vantagens mútuas ainda são objeto de debate. O modo controlado por volume usa um fluxo constante ou desacelerado para fornecer o volume corrente alvo e visa fornecer ventilação minuto adequada.¹ Por outro lado, o modo de volume garantido por pressão controlada (VGPC) abrange os modos VCV e VCP e usa uma pressão inspiratória constante e corrente volume, que resulta em um padrão de fluxo de desaceleração.⁵ O modo VGPC pode fornecer um volume corrente adequado em face da mudança rápida da pressão intra-abdominal causada por mudanças na posição e insuflação de CO₂ em cirurgia laparoscópica.⁶ Este estudo foi conduzido devido à escassez de estudos comparando os efeitos cardíacos e respiratórios dos modos VCV e VGPC na posição de Trendelenburg exagerada para cirurgias ginecológicas laparoscópicas.

Não há estudo na literatura que compare o VGPC e o VCV na posição de Trendelenburg exagerada em cirurgia laparoscópica em relação aos parâmetros hemodinâmicos com o método MARP. A hipótese deste estudo foi que a ventilação VGPC causaria menor deterioração hemodinâmica em comparação ao modo VCV. Portanto, este estudo foi desenhado para avaliar os efeitos hemodinâmicos dos modos de controle de volume controlado por volume e controle por pressão sobre os parâmetros hemodinâmicos usando MARP em um desenho randomizado.

Materiais e métodos

Após obter a aprovação do comitê de ética (aprovação do comitê de ética no04012017-5, clinictrials.gov NCT03684291) e consentimento informado por escrito de todos os pacientes, 30 pacientes com estado físico ASA (American Society of Anesthesiologists) I / II foram randomizados para os grupos VC (n = 15) e VGPC (n = 15) usando o método de envelope fechado. Pacientes programados para cirurgia eletiva em um hospital universitário foram incluídos no estudo. Pacientes que se recusaram a participar, pacientes com doença sistêmica grave (história de infarto do miocárdio, doença pulmonar obstrutiva crônica ou restritiva), pacientes obesos (IMC > 30), fumantes pesados (consumo de cigarro > 20 / dia) e pacientes com alergia conhecida a qualquer um dos medicamentos do estudo e os pacientes com doenças neurológicas ou neuromusculares foram excluídos do estudo. Conversão para laparotomia, dessaturação (SpO₂ < 90%) e / ou distúrbio hemodinâmico (queda de mais de 20% na pressão arterial sistólica e / ou queda de ± 20% na frequência cardíaca) foram definidos como critérios de exclusão.

A cirurgia foi realizada pelo mesmo cirurgião (GSC) e todos os casos foram operações ginecológicas laparoscópicas em condições estranhas (miomectomia laparoscópica, histerectomia e remoção de massa anexial ou ooforectomia). A mesa cirúrgica foi ajustada para > 30° posição de Trendelenburg usando um transferidor e a pressão intra-abdominal foi ajustada para 10-12 mmHg usando um insuflador automático durante a cirurgia.

Anestesia e monitorização

Após a chegada à sala de operação, a eletrocardiografia, a saturação periférica do pulso (SpO₂) e a pressão arterial não invasiva foram monitoradas. A indução da anestesia foi realizada com propofol 3 mg.kg⁻¹, fentanil 1 mcg.kg⁻¹ e rocurônio 0,6 mg.kg⁻¹. A concentração alveolar mínima (CAM) de sevoflurano 1 e a mistura 50/50 de oxigênio e óxido nitroso (fluxo de gás fresco 2 L.min⁻¹) foram utilizados para a manutenção. O bloqueio neuromuscular foi monitorado com Train Of Four (TOF). Agente bloqueador neuromuscular adicional foi ministrado quando duas contrações foram observadas na TOF. Todos os pacientes receberam 7 mL.kg⁻¹.h⁻¹ de solução de lactato de Ringer. Os pacientes foram aquecidos usando um sistema condutor para manter a temperatura corporal acima de 36°C.

As configurações de ventilação mecânica foram as seguintes: os pacientes do Grupo CV foram ventilados mecanicamente com VCV, enquanto os pacientes do Grupo VGPC foram ventilados com VGPC. Volume corrente 8-10 mL.kg⁻¹ (peso corporal ideal), relação I: E 1: 2, frequência alvo de CO₂ expirado 38 ± 2 mmHg para ambos os grupos. PEEP não foi utilizada. A canulação da artéria radial foi realizada para todos os pacientes e a monitoração do MARP foi realizada usando MostCareup® (Vygon, Itália), conforme descrito por Romagnoli et al.³ Variáveis hemodinâmicas detectadas pela monitoração do MARP (frequência cardíaca, pressão arterial média, Índice de Resistência Vascular Sistêmica (IRVS), Índice de Volume de Curso (IVC), Índice Cardíaco (IC), variação do volume sistólico VVS, Eficiência do Ciclo Cardíaco (ECC) e dP/dt_{max}) e parâmetros do ventilador (volume corrente expirado, pico e pressão média das vias aéreas) foram medidos e registrados após a indução (Ti), em insuflação peritoneal (T₀), 1 (T₁), 3 (T₃), 5 (T₅), 10 (T₁₀) e 30 (T₃₀) minutos após o pneumoperitônio, após a desinsuflação (Tdef) e 5 minutos após a desinsuflação (Tdef₅).

As análises estatísticas foram realizadas com o software SPSS versão 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Os dados são expressos como médias ± desvio padrão (DP) ou número de pacientes. O tamanho da amostra é calculado de forma semelhante a um estudo anterior, 7 no qual a AP_{pico} em pacientes com VCP foi 6cmH₂O menor do que com VCV, com desvio padrão de 6cmH₂O na posição de Trendelenburg. Os parâmetros usados neste estudo são AP_{pico} em pacientes com VGPC como 5 cmH₂O menor do que com VCV, com um desvio padrão de 5 cm H₂O na posição de Trendelenburg. Assim, esses parâmetros sugerem 14 pacientes por grupo para um teste com erro alfa de 0,05 e poder de 80%. O teste X² ou teste exato de Fisher foi realizado para comparar as características do paciente. Para comparar as variáveis entre os dois grupos, o teste de Kolmogorov-Smirnov foi usado para identificar as variáveis com distribuição normal. O teste t independente foi usado para comparar as variáveis com distribuição normal, e aquelas sem distribuição normal foram comparadas pelo teste U de Mann-Whitney. Um valor de p < 0,05 foi considerado estatisticamente significativo.

Resultados

Durante o período do estudo, 15 pacientes que não preenchiam os critérios foram excluídos do estudo. Após a randomização, 3 casos foram abandonados devido à conversão para laparotomia. Por fim, o estudo foi concluído com 30 pacientes (15 casos para o Grupo VGPC e 15 para o Grupo VC). A idade e o IMC dos grupos foram semelhantes (para idade 32,7 ± 6,5 vs. 29,7 ± 5,9, p = 0,190 e para IMC 26,6 ± 5,1 vs. 24,6 ± 2,7, p = 0,204; Grupo VGPC e Grupo VC respectivamente). Os dados demográficos estão apresentados na Tabela 1. Nenhuma diferença significativa foi encontrada no tempo de cirurgia, anestesia e pneumoperitônio (p > 0,05). Após a indução da anestesia, até a desinsuflação, os valores hemodinâmicos registrados pela monitoração de

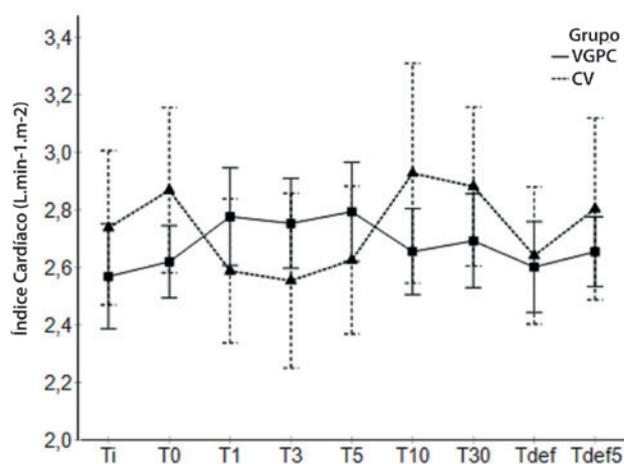


Figura 1 Variações do índice cardíaco medidas pelo Método Analítico de Registro de Pressão em ambos os grupos. Os dados (médias ± DP) são iguais aos apresentados na Tabela 2. Ti, indução da anestesia; T₀, insuflação peritoneal; T₁, T₃, T₅, T₁₀ e T₃₀, 1, 3, 5, 10 e 30 minutos após CO₂ pneumoperitônio, respectivamente; Tdef, desinsuflação; T₅ def, término do pneumoperitônio (5 minutos após a desinsuflação). VGPC, ventilação com volume garantido por pressão controlada; VCV, Ventilação Controlada por Volume. A Figura 1 indica que há mais variação no grupo CV em comparação ao grupo VGPC (p = 0,025).

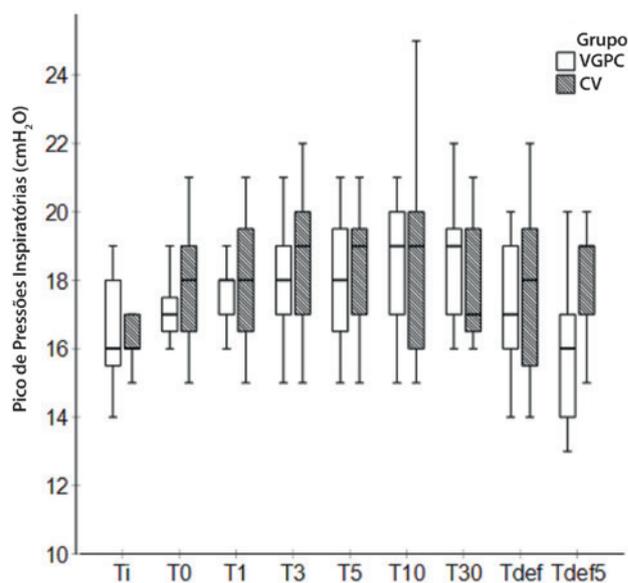


Figura 2 Pico de pressões inspiratórias em diferentes momentos em ambos os grupos. Gráfico de caixa, linha do meio da caixa; valor mediano, linha superior-inferior da caixa; 25-75%, linha superior-inferior do bigode; valor mín-máx excluindo outliers. Ti, indução da anestesia; T₀, insuflação peritoneal; T₁, T₃, T₅, T₁₀ e T₃₀, 1, 3, 5, 10 e 30 minutos após pneumoperitônio de CO₂, respectivamente; Tdef, desinsuflação; T₅ def, término do pneumoperitônio (5 minutos após a desinsuflação). VGPC, ventilação com volume garantido por pressão controlada; VCV, ventilação controlada por volume.

Tabela 1 Características do paciente e dados operatórios

	Grupo VGPC (n = 15)	Group CV (n = 15)	P
Idade (ano)	32,7±6,5	29,7±5,9	0,190
Peso (kg)	78±15,6	78,3±10,4	0,956
Altura (m)	161,2±8,1	162,6±7,6	0,628
IMC (kg · m ⁻²)	26,6±5,1	24,6±2,7	0,204
Duração da anestesia (min)	88,3±14,6	88±13,9	0,949
Duração da cirurgia (min)	76±15,7	74,7±14,1	0,808
Duração do pneumoperitônio (min)	64,3±15	64±12,4	0,948

Os dados são expressos como média ± DP.

VGPC = ventilação garantida a volume controlada por pressão, VCV = ventilação controlada a volume, IMC = índice de massa corporal.

Nenhuma diferença significativa foi observada entre os dois grupos.

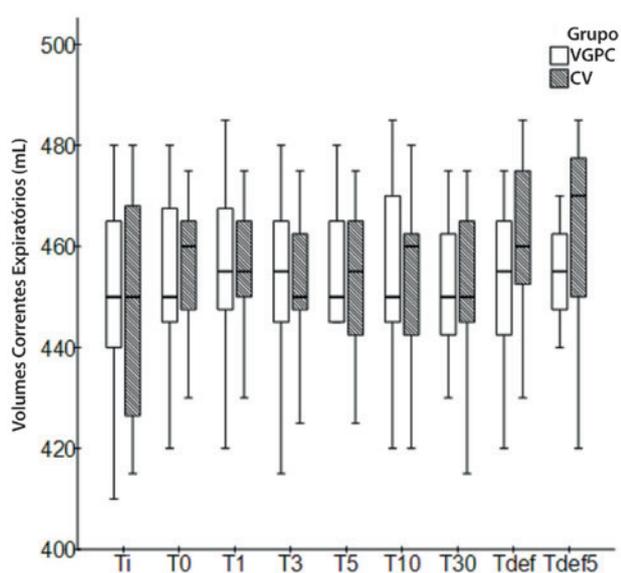


Figura 3 Volumes correntes expiratórios em diferentes momentos em ambos os grupos. Gráfico de caixa, linha do meio da caixa; valor mediano, linha superior-inferior da caixa; Percentil 25-75%, linha superior-inferior do bigode; valor mín-máx excluindo outliers. Ti, indução da anestesia; T0, insuflação peritoneal; T1, T3, T5, T10 e T30, 1, 3, 5, 10 e 30 minutos após pneumoperitônio de CO₂, respectivamente; Tdef, dessuflação; T5def, término do pneumoperitônio (5 minutos após a desinsuflação). VGPC, ventilação garantida por volume controlado por pressão; VCV, ventilação controlada por volume.

MARP são apresentados na Tabela 2. Não houve diferença estatisticamente significativa em relação à frequência cardíaca e aos valores de PAM entre os dois grupos. Os valores de SVRI foram menores no Grupo VGPC no ponto T0 sem significância estatística (2484 ± 244 dine·s·m²·cm⁻⁵in Grupo VGPC 2675 ± 417 dine·s·m²·cm⁻⁵in Grupo VC). Esses valores permaneceram maiores no Grupo VC ao longo do pneumoperitônio sem significância, entretanto, a diferença teve significância estatística nos momentos T3 e T5 ($p = 0,023$ em T3 e $p = 0,023$ em T5). Os valores de IVC foram significativamente menores no Grupo VC na insuflação e

desinsuflação peritoneal ($p = 0,001$ e $p = 0,004$, respectivamente.) No Grupo VC, o IVC diminuiu significativamente em T0 em comparação com Ti ($p = 0,034$), aumentou significativamente em T1 em comparação com T0 ($p = 0,007$) e permaneceu constante ao longo do período de estudo, mas diminuiu na desinsuflação em comparação com Grupo VGPC. O único parâmetro notável foi detectado no IC, que foi mais estável no Grupo VGPC em todos os momentos (Grupo VGPC vs Grupo VC, $p = 0,025$) (fig. 1). Não houve diferenças significativas nos valores de VVS, dP / dt_{max} e ECC ao longo do período de estudo. Os valores de pico de pressão nas vias aéreas foram menores no Grupo VGPC (Fig. 2), enquanto os volumes correntes expiratórios foram aumentados no Grupo VC (Fig. 3).

Discussão

Neste estudo, dois modos diferentes de ventilação VGPC e VCV foram comparados em mulheres hemodinamicamente estáveis submetidas a laparoscopia em posição de Trendelenburg exagerada. Os dados mostram que o VGPC causa menos perturbações hemodinâmicas medidas pelo MARP e permite um melhor controle hemodinâmico intraoperatório na posição de Trendelenburg exagerada em cirurgia laparoscópica.

Os estudos que investigam os efeitos cardíacos e respiratórios da posição de Trendelenburg exagerada em cirurgia laparoscópica são realizados principalmente em procedimentos ginecológicos e urológicos. Pode-se observar que ambos têm efeitos hemodinâmicos posicionais semelhantes. Entre eles, o número de estudos comparando os efeitos dos diferentes modos de ventilação (modos de volume vs. pressão) é limitado.

Ogurlu et al. compararam de forma não invasiva os efeitos cardíacos e respiratórios dos modos VCP e VCV em pacientes ASA I / II em cirurgias ginecológicas laparoscópicas. Os autores declararam que dois modos têm efeitos hemodinâmicos semelhantes, mas o modo VCP forneceu menor pressão de pico das vias aéreas e maior complacência do que o modo VCV.⁴ Além disso, em outro estudo de Assad et al onde VGPC e VCV são comparados, VGPC

Tabela 2 Alterações hemodinâmicas medidas pelo método analítico de registro de pressão

Variável	Grupo	Ti	T0	T1	T3	T5	T10	T30	Tdef	Tdef5	P
FC (bpm)	VGPC	75±9	79±9	82±8	75±10	78±8	77±10	76±8	80±10	83±9	0,093
	CV	86±14	80±15	79±13	78±15	83±10	86±13	85±14	82±9	81±10	
PAM (mmHg)	VGPC	77±13	78±8	77±11	78±11	76±11	77±11	78±11	76±10	76±11	0,916
	CV	77±16	78±14	76±14	74±12	74±11	77±13	78±11	75±13	77±18	
IRVS dyne.s.m ² .cm ⁻⁵	VGPC	2687±288	2484±244	2548±364	2530±246a	2454±184a	2566±172	2464±245b	2499±246	2506±257	0,317
	CV	2669±418	2675±417	2799±541	2852±453	2770±474	2784±597	2668±316	2558±349	2542±527	
IVS mL.m ⁻²	VGPC	35±9	34,2±7,5a	38,2±7,8	37,6±5,9	34,1±7,7	37,3±9,7	38,9±7,9	39,3±7,7a	37,5±8,6	0,438
	CV	30,7±10	24,6±5,8b	31,3±7,1c	32,4±9,2c	32,8±8,8c	33,7±8,9c	34,7±9,1c	30,1±8,5c	32,2±8,3c	
IC L.min ⁻¹ .m ⁻²	VGPC	2,56±0,32	2,61±0,22	2,77±0,30	2,75±0,28	2,79±0,31	2,65±0,26	2,69±0,29	2,60±0,28	2,65±0,21	0,025
	CV	2,73±0,48	2,86±0,51	2,58±0,45	2,55±0,54	2,62±0,46	2,92±0,69	2,88±0,49	2,64±0,43	2,80±0,57	
VVS (%)	VGPC	24±21	23±23	23±17	17±8	18±9	19±12	21±18	19±10	19±15	0,144
	CV	23±9	21±9b	18±8b	20±8	23±19	32±25	22±11	20±6	18±7b	
dP/dt mmHg.s ⁻¹	VGPC	0,57±0,24	0,55±0,37	0,49±0,34	0,62±0,28	0,62±0,27	0,72±0,25c	0,60±0,35	0,60±0,32	0,68±0,33	0,347
	CV	0,51±0,28	0,35±0,27	0,57±0,35	0,58±0,28c	0,48±0,34	0,61±0,29c	0,54±0,29	0,73±0,26b,c	0,62±0,26c	
ECC	VGPC	0,154±0,79	0,171±0,83	0,169±0,72	0,169±0,71	0,072±0,66	0,084±0,69	0,164±0,81	0,265±0,43	0,305±0,48	0,554
	CV	0,039±0,56	-0,131±0,59	0,010±0,52	-0,117±0,66	-0,104±0,47	0,140±0,46	-0,081±0,38	0,238±0,49	-0,041±0,55	

Os dados são expressos como média ± DP.

Os dados hemodinâmicos foram medidos na indução da anestesia (Ti), na insuflação peritoneal (T0), 1 (T1), 3 (T3), 5 (T5), 10 (T10) e 30 (T30) minutos após o pneumoperitônio de CO₂, na desinsuflação (Tdef) e no término do pneumoperitônio (5 minutos após a desinsuflação) (T5def).

FC = frequência cardíaca, PAM = pressão arterial média IRVS = índice de resistência vascular sistêmica, IVS = índice de volume sistólico, CI = índice cardíaco, VVS = variação de volume sistólico, dp / dt = variação da pressão aórtica ao longo do tempo, CCE = eficiência do ciclo cardíaco.

^a p <0,05 entre grupos nos mesmos momentos.

^b p <0,05 em comparação com a indução da anestesia (Ti).

^c p <0,05 em comparação com a insuflação peritoneal (T0).

A comparação entre os grupos de estudo foi feita usando o teste t de Student para amostras independentes, enquanto a comparação dentro do grupo entre os diferentes momentos foi feita usando o teste t de amostra emparelhada. A comparação das diferentes variáveis ao longo dos momentos do estudo foi feita por meio da análise de variância de medidas repetidas por meio da análise de regressão do Modelo Linear Geral com medidas repetidas e o teste t pareado foi feito como um teste post hoc e são fornecidos na coluna direita da tabela. p <0,05 foi considerado estatisticamente significativo.

forneceu menor pressão inspiratória de pico e melhor complacência em 30° Trendelenburg na laparoscopia.⁸ No estudo de Kim et al, VGPC é comparado a Ventilação de Igual Razão (VIR), que é uma variação de VCV, e a razão de inspiração para expiração foi fixada em 1: 1 em 30° de Trendelenburg exagerado.⁵ Nossos resultados estão de acordo com os estudos anteriores que documentam pressões de pico mais baixas nas vias aéreas com VGPC.^{8,9} As vantagens do modo VGPC sobre o modo VCV em cirurgia laparoscópica em posição de Trendelenburg exagerada podem ser explicadas evitando-se barotrauma no modo VGPC, que por sua vez causa pressões inspiratórias mais baixas e desaceleração do fluxo de ar quando a cirurgia laparoscópica é considerada, pois este modo de ventilação tem um limite de pressão alta predeterminado para prevenir o barotrauma.⁹ Assim, VGPC é considerado um modo regulado por pressão ciclado a tempo. Mudanças na profundidade da anestesia, grau de relaxamento muscular e manipulações cirúrgicas podem causar flutuações na pressão intra-abdominal. O ventilador compensa essas alterações quando o modo VGPC é usado.⁸ Como resultado, como sugerido anteriormente, o VGPC é uma alternativa melhor em termos de oxigenação e poderia ser uma escolha melhor em pacientes com baixa reserva cardíaca, pois forneceu uma média mais baixa pressão das vias aéreas em comparação com VCV.⁵

A utilização de N₂O não tem efeitos hemodinâmicos significativos, exceto em pacientes com hipertensão pulmonar.¹⁰ Uma das principais preocupações sobre a utilização de N₂O é sua difusão na cavidade abdominal e nos intestinos, causando condições cirúrgicas subótimas. Cinquenta por cento de N₂O foi usado neste estudo, conforme sugerido pelo estudo ENIGMA II, que N₂O tem “um atestado de saúde”.¹¹ Os efeitos mencionados acima não foram observados neste estudo porque as cirurgias foram pélvicas e a posição de Trendelenburg profunda foi usada.

Outro ponto crítico a ser discutido sobre o manejo da anestesia neste estudo é a falta de utilização da PEEP.

Existem dados controversos sobre a utilização da PEEP na posição de Trendelenburg e pneumoperitônio. Embora a utilização de PEEP seja uma técnica de ventilação mecânica intraoperatória amplamente aceita para a prevenção de atelectasia e melhor oxigenação em cirurgias laparoscópicas com posição de Trendelenburg, nem 5 nem 10 cmH₂O PEEP afetam significativamente a oxigenação.^{12,13} A única técnica eficaz relatada para melhor oxigenação foram as manobras de recrutamento ativo.¹³ Apoiando esses dados, outros relataram que 5 cmH₂O PEEP pode aumentar a pressão intra-alveolar e, conseqüentemente, a fração de shunt, não melhorando a oxigenação.¹⁴ Além disso, a posição de Trendelenburg profunda é conhecida por causar auto PEEP e adicionar PEEP extrínseca pode piorar o estado hemodinâmico. benefício da utilização da PEEP era esperado neste estudo. Além disso, a possibilidade de diminuição significativa do débito cardíaco em decorrência do aumento da pressão intratorácica e diminuição do retorno venoso do ventrículo direito foi evitada pela não utilização da PEEP.

Embora o método de termodiluição seja a técnica padrão para medida do débito cardíaco, a invasividade dessa técnica limita seu uso.¹⁶ Nos últimos anos, técnicas menos invasivas que permitem monitorar o débito cardíaco e vários parâmetros hemodinâmicos têm sido desenvolvidas. Dentre essas técnicas, o método MARP analisa continuamente a forma de onda da pressão em 1000 Hz sem a necessidade de calibração interna ou externa. O sistema precisa de canulação da artéria femoral ou radial para analisar a forma de onda de pressão.¹⁷ O fato de sua validade ter sido comprovada em vários ambientes clínicos e experimentais e permitir a análise não invasiva batimento a batimento aumenta sua popularidade.^{18,19} Portanto, neste estudo usamos o método MARP, que forneceu uma análise batimento a batimento. Além disso, o método MARP tem sido usado em cirurgia laparoscópica em pacientes obesos submetidos a bypass gástrico laparoscópico na posição de Trendelenburg reversa.²⁰ Da mesma forma, neste estudo, a qualidade da pressão e a capacidade de detectar um sinal de pressão não foram afetadas pela posição de Trendelenburg. Até onde sabemos, este é o primeiro estudo utilizando o método MARP em cirurgias laparoscópicas realizadas na posição de Trendelenburg.

Em contradição com outros estudos, as variáveis hemodinâmicas são documentadas neste estudo pelo método MARP na posição de Trendelenburg exagerada em laparoscopia. Por outro lado, outros estudos^{4,5,8} se concentraram amplamente nos efeitos respiratórios dos modos ventilatórios, sendo a monitorização hemodinâmica limitada à PAM, frequência cardíaca e VCP. Todos esses parâmetros (PAM, VCP e frequência cardíaca) foram semelhantes em estudos anteriores.^{4,8} O estudo de Kim et al. também documentaram resultados semelhantes na PAM e na frequência cardíaca quando VCV e VGPC foram comparados.

Espera-se que o pneumoperitônio aumente a resistência vascular sistemática secundária ao aumento da pressão intra-abdominal e de substâncias vasoativas liberadas como resultado da absorção de CO₂.²⁰ A resistência vascular sistêmica foi maior no Grupo VC em comparação ao Grupo VGPC, que foi estatisticamente significativa em T3 e T5. No Grupo VGPC, o efeito menos pronunciado do pneumoperitônio na IRVS é marcante. Isso pode ser causado por pressões inspiratórias de pico mais baixas do modo VGPC e a minimização dos efeitos hemodinâmicos do pneumoperitônio por melhor adaptação ao aumento da pressão intra-abdominal.

Neste estudo, a tendência observada nos valores de IVS foi semelhante aos achados de Nguyen et al.²¹ Houve uma diminuição transitória dos valores de IVS após a indução de pneumoperitônio seguida de um aumento progressivo dos valores acima da basal. No entanto, neste estudo, a queda significativa no IVS no Grupo VC na insuflação e desinsuflação em comparação com o Grupo VGPC pode ser devido a diminuições súbitas na pré-carga cardíaca devido à desinsuflação e a aumentos na pós-carga devido à insuflação. Esse achado notável pode indicar a possibilidade de que o VGPC forneça uma vantagem na adaptação às mudanças causadas pelas pressões

de enchimento cardíaco e de saída relacionadas à pressão intra-abdominal.

Neste estudo, em uma população feminina saudável com modo VGPC, o declínio no débito cardíaco foi mínimo quando comparado com VCV. No grupo VGPC, um índice cardíaco mais estável ao longo da operação no grupo VGPC pode ser explicado pela pressão intratorácica mais baixa no modo VGPC do que no modo VCV, que fornece uma pré-carga melhor. Inferimos que o VGPC pode ser a melhor opção em pacientes com baixa reserva cardíaca. No entanto, em uma população de pacientes sem comorbidades cardíacas, os valores de IC mais estáveis no grupo de VGPC não mudarão o manejo clínico. Por outro lado, em pacientes com função ventricular deficiente, o modo VGPC pode superar os distúrbios hemodinâmicos causados pelo pneumoperitônio e pela posição de Trendelenburg. No entanto, mais estudos em pacientes com disfunção cardíaca são necessários para testar esta tese.

A taxa máxima de aumento da pressão ventricular esquerda é dP / dt_{\max} e é determinada pela contratilidade ventricular esquerda e impedância arterial. É usado para estimar a contratilidade volumétrica do ventrículo esquerdo. É menos dependente da influência da pós-carga, embora permaneça uma variável dependente da pré-carga. Porém, se for medida com cateter de artéria periférica como neste estudo, durante a fase de ejeção do VE após a abertura da válvula aórtica, que é diferente da ecocardiografia, pode ser afetada pelo tônus vascular. Assim, mudanças na pós-carga podem causar super ou subestimação da P / dt_{\max} do ventrículo esquerdo.²² A insuflação peritoneal aumenta a pós-carga, que por sua vez aumenta a impedância arterial. O fato de dP / dt_{\max} diminuir na insuflação no Grupo VC em comparação ao Grupo VGPC, embora sem significância estatística, pode ser explicado pela pré-carga subótima causando uma diminuição na contração isovolumétrica miocárdica no Grupo VC.

ECC é um índice indireto de acoplamento arterioventricular. It represents o equilíbrio dinâmico entre elasticidade arterial, pré-carga e contratilidade miocárdica. O ECC indica a soma de energia necessária para gerar o volume do curso e depende da relação entre a função de bomba do coração e o sistema arterial. ECC é a relação de energia sistólica para o gasto energético total e pode mudar entre um valor positivo (+1) ou negativo (-1).²⁰ Os valores de ECC permaneceram positivos (entre 0-1) durante o período de estudo, mas tornaram-se negativos com a insuflação e permaneceram principalmente negativo. Isso pode ser explicado pelas melhores pressões de enchimento proporcionadas pelo modo VGPC frente ao aumento da pós-carga causado pelo aumento da pressão intra-abdominal devido à insuflação peritoneal e resistência vascular sistêmica, protegendo assim a eficiência do ciclo cardíaco.

Como limitação deste estudo, o tamanho da amostra é relativamente pequeno. Além disso, faltam gasometria arterial e medidas detalhadas dos parâmetros ventilatórios, e a exclusão de pacientes com comorbidades limita a generalização desses resultados. Além disso, o método PRAM em si tem algumas limitações, como super e subamortecimento

das formas de onda arteriais, que são limitações técnicas e aquisição inadequada de sinal ou anormalidades das artérias periféricas, que são limitações relacionadas ao paciente.²³ Em relação a isso, os valores de SVV foram inesperadamente altos neste estudo. Esses resultados podem ser explicados por erros de cálculo devido ao efeito da posição de Trendelenburg e aumento da pressão intra-abdominal e da descida diafragmática limitada durante o pneumoperitônio.²⁴

Conclusão

Nossos dados mostram que o VGPC fornece um pico de pressão das vias aéreas mais baixo e IC mais estável em comparação ao VCV em operações laparoscópicas ginecológicas realizadas com posição de Trendelenburg exagerada. Por fim, estudos futuros em casos com baixa reserva cardíaca são necessários para confirmar as vantagens do modo VGPC sobre o modo VCV em laparoscopia com posição de Trendelenburg.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Wang JP, Wang HB, Liu YJ, et al. Comparison of pressure- and volume-controlled ventilation in laparoscopic surgery: Ameta-analysis of randomized controlled trial. *Clin Invest Med*. 2015;38:e119-41.
2. Patil S, Koyyalamudi P, Robertson C, et al. Physiologic effects of pneumoperitoneum and positioning. In: Kaye A, Urman R, editors. *Perioperative management in robotic surgery*. Cambridge: Cambridge University Press; 2017. p. 20-8.
3. Romagnoli S, Franchi F, Ricci Z, et al. The pressure recording-analytical method (PRAM): Technical concepts and literature review. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2017;31:1460-70.
4. Ogurlu M, Küçük M, Bilgin F, et al. Pressure-controlled vs volume-controlled ventilation during laparoscopic gynecologic surgery. *J Minim Invasive Gynecol*. 2010;17:295-300.
5. Kim MS, Soh S, Kim MY, et al. Comparisons of pressure-controlled ventilation with volume guarantee and volume-controlled 1:1 equal ratio ventilation on oxygenation and respiratory mechanics during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: A randomized-controlled trial. *Int J Med Sci*. 2018;15:1522-9.
6. Dion JM, McKee C, Tobias JD, et al. Carbon dioxide monitoring during laparoscopic-assisted bariatric surgery in severely obese patients: transcutaneous versus end-tidal techniques. *J Clin Monit Comput*. 2015;29:183-6.
7. Choi EM, Na S, Choi SH, et al. Comparison of volume-controlled and pressure-controlled ventilation in steep Trendelenburg position for robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *J Clin Anesth*. 2011;23:183-8.
8. Assad OM, El Sayed AA, Khalil MA. Comparison of volume-controlled ventilation and pressure-controlled ventilation volume guaranteed during laparoscopic surgery in Trendelenburg position. *J Clin Anesth*. 2016;34:55-61.
9. Dion JM, McKee C, Tobias JD, et al. Ventilation during laparoscopic-assisted bariatric surgery: volume-controlled, pressure-controlled or volume-guaranteed pressure-regulated-

- modes. *Int J Clin Exp Med*. 2014;7:2242-7.
10. Hendrickx J, Peyton P, Carette R, et al. Inhaled anaesthetics and nitrous oxide: Complexities overlooked: things may not be what they seem. *Eur J Anaesthesiol*. 2016;33:611-9.
 11. Li ECK, Balbuena LD, Gamble JJ. Evaluation of nitrous oxide in the gas mixture for anesthesia II (ENIGMA II) revisited: Patients still vomiting. *Anesthesiology*. 2017;127:204-5.
 12. Sen O, Erdogan Doventas Y. Effects of different levels of end-expiratory pressure on hemodynamic, respiratory mechanics and systemic stress response during laparoscopic cholecystectomy. *Braz J Anesthesiol*. 2017;67:28-34.
 13. Ukere A, Marz A, Wodack KH, et al. Perioperative assessment of regional ventilation during changing body positions and ventilation conditions by electrical impedance tomography. *Br J Anaesth*. 2016;117:228-35.
 14. Sprung J, Whalley DG, Falcone T, et al. The effects of tidal volume and respiratory rate on oxygenation and respiratory mechanics during laparoscopy in morbidly obese patients. *Anesth Analg*. 2003;97:268-74.
 15. Oksar M, Akbulut Z, Ocal H, et al. Anesthetic considerations for robotic cystectomy: a prospective study. *Braz J Anesthesiol*. 2014;64:109-15.
 16. Donati A, Carsetti A, Tondi S, et al. Thermodilution vs pressure recording analytical method in hemodynamic stabilized patients. *J Crit Care*. 2014;29:260-4.
 17. Romano SM, Pistolesi M. Assessment of cardiac output from systemic arterial pressure in humans. *Crit Care Med*. 2002;30:1834-41.
 18. Franchi F, Falciani E, Donadello K, et al. Echocardiography and pulse contour analysis to assess cardiac output in trauma patients. *Minerva Anesthesiol*. 2013;79:137-46.
 19. Franchi F, Silvestri R, Cubattoli L, et al. Comparison between an uncalibrated pulse contour method and thermodilution technique for cardiac output estimation in septic patients. *Br J Anaesth*. 2011;107:202-8.
 20. Balderi T, Forfori F, Marra V, et al. Continuous hemodynamic monitoring during laparoscopic gastric bypass in superobese patients by pressure recording analytical method. *Obes Surg*. 2008;18:1007-14.
 21. Nguyen NT, Ho HS, Fleming NW, et al. Cardiac function during laparoscopic vs open gastric bypass. *Surg Endosc*. 2002;16:78-83.
 22. Scolletta S, Bodson L, Donadello K, et al. Assessment of left ventricular function by pulse wave analysis in critically ill patients. *Intensive Care Med*. 2013;39:1025-33.
 23. Sangkum L, Liu GL, Yu L, et al. Minimally invasive or non-invasive cardiac output measurement: an update. *J Anesth*. 2016;30:461-80.
 24. Pinsky MR. Cardiopulmonary interactions: Physiologic basis and clinical applications. *Ann Am Thorac Soc*. 2018;15:45-8.