



# REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

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



## ARTIGO CIENTÍFICO

# Prostatectomia robótica: análise anestesiológica de cirurgias urológicas robóticas: estudo prospectivo ☆,☆☆

Menekse Oksar<sup>a,\*</sup>, Ziya Akbulut<sup>b</sup>, Hakan Ocal<sup>a</sup>, Mevlana Derya Balbay<sup>b</sup> e Orhan Kanbak<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Anestesiologia e Reanimação, Ankara Ataturk Training and Research Hospital, Ankara, Turquia

<sup>b</sup> Departamento de Urologia, Ankara Ataturk Training and Research Hospital, Ankara, Turquia

Recebido em 30 de julho de 2013; aceito em 31 de outubro de 2013

Disponível na Internet em 3 de julho de 2014

### PALAVRAS-CHAVE

Cirurgia robótica;  
Prostatectomia;  
Cirurgia urológica

### Resumo

**Justificativa e objetivos:** Embora muitas características da prostatectomia robótica sejam semelhantes àquelas de laparoscopias urológicas convencionais (como a prostatectomia por laparoscopia), o procedimento está associado a alguns inconvenientes, incluindo acesso intravenoso limitado, tempo cirúrgico relativamente longo, posição de Trendelenburg profunda e pressão intra-abdominal alta. O objetivo principal foi descrever as alterações respiratória e hemodinâmica e as complicações relacionadas à pressão intra-abdominal elevada e à posição de Trendelenburg profunda em pacientes submetidos à prostatectomia robótica. O objetivo secundário foi revelar critérios seguros de alta do centro cirúrgico.

**Métodos:** Foram inscritos prospectivamente 53 pacientes submetidos à prostatectomia robótica entre dezembro de 2009 e janeiro de 2011. As medidas de desfecho primário foram: monitoramento não invasivo, monitoramento invasivo e gasometria feita em decúbito dorsal ( $T_0$ ), Trendelenburg ( $T_1$ ), Trendelenburg + pneumoperitônio ( $T_2$ ), Trendelenburg pré-desinsuflação ( $T_3$ ), Trendelenburg pós-desinsuflação ( $T_4$ ) e posições supinas ( $T_5$ ).

**Resultados:** O principal desafio clínico em nosso grupo de estudo foi a escolha da estratégia de ventilação para controlar a acidose respiratória, que é detectada por meio da pressão de dióxido de carbono expirado e da gasometria. Além disso, a pressão arterial média permaneceu inalterada e a frequência cardíaca diminuiu significativamente e precisou de intervenção. Os valores da pressão venosa central também estavam acima dos limites normais.

**Conclusão:** A acidose respiratória e sintomas clínicos "semelhantes à obstrução das vias aéreas" foram os principais desafios associados aos procedimentos de prostatectomia robótica.

© 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

☆ Estudo foi conduzido no Departamento de Anestesiologia e Reanimação do Hospital de Ensino e Pesquisa Ankara Ataturk.

☆☆ Apresentado no Euroanaesthesia Congress, Paris, França, 9-12 de junho de 2012.

\* Autor para correspondência.

E-mail: [menekseoksar@gmail.com](mailto:menekseoksar@gmail.com) (M. Oksar).

**KEYWORDS**

Robotic surgery;  
Prostatectomy;  
Urological surgery

## Robotic prostatectomy: The anesthetist's view for robotic urological surgeries, a prospective study

**Abstract**

*Background and objectives:* Although many features of robotic prostatectomy are similar to those of conventional laparoscopic urological procedures (such as laparoscopic prostatectomy), the procedure is associated with some drawbacks, which include limited intravenous access, relatively long operating time, deep Trendelenburg position, and high intra-abdominal pressure. The primary aim was to describe respiratory and hemodynamic challenges and the complications related to high intra-abdominal pressure and the deep Trendelenburg position in robotic prostatectomy patients. The secondary aim was to reveal safe discharge criteria from the operating room.

*Methods:* Fifty-three patients who underwent robotic prostatectomy between December 2009 and January 2011 were prospectively enrolled. Main outcome measures were non-invasive monitoring, invasive monitoring and blood gas analysis performed at supine ( $T_0$ ), Trendelenburg ( $T_1$ ), Trendelenburg + pneumoperitoneum ( $T_2$ ), Trendelenburg-before desufflation ( $T_3$ ), Trendelenburg (after desufflation) ( $T_4$ ), and supine ( $T_5$ ) positions.

*Results:* Fifty-three robotic prostatectomy patients were included in the study. The main clinical challenge in our study group was the choice of ventilation strategy to manage respiratory acidosis, which is detected through end-tidal carbon dioxide pressure and blood gas analysis. Furthermore, the mean arterial pressure remained unchanged, the heart rate decreased significantly and required intervention. The central venous pressure values were also above the normal limits.

*Conclusion:* Respiratory acidosis and "upper airway obstruction-like" clinical symptoms were the main challenges associated with robotic prostatectomy procedures during this study.

© 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

## Introdução

Prostatectomia laparoscópica foi feita pela primeira vez por Bhandari et al. em 1997, com uma abordagem transperitoneal.<sup>1</sup> Uma abordagem extraperitoneal foi subsequentemente descrita por Raboy et al., com os primeiros casos clínicos de prostatectomia radical extraperitoneal laparoscópica com um sistema robótico desenvolvido e relatado por Pruthi et al. em 2003.<sup>2,3</sup> A introdução do Sistema Cirúrgico da Vinci transformou o campo da cirurgia robótica em todo o país e resolveu algumas das limitações da laparoscopia urológica tradicional.

A prostatectomia robótica (PR) permitiu aos urologistas o uso de uma abordagem laparoscópica com mais controle e precisão para a prostatectomia radical. Em comparação com o método aberto, a abordagem com o auxílio robótico oferece muitas vantagens, incluindo melhor visualização e manejo mais preciso de vasos e nervos delicados.<sup>4</sup> O cirurgião pode preservar melhor a integridade dos feixes neurovasculares, o que resulta em melhoria das funções urinária e sexual no pós-operatório.<sup>5</sup> Outros benefícios incluem menos dor e sangramento pós-cirurgia e cicatriz e tempo de internação menores.

Embora muitas características da prostatectomia robótica sejam semelhantes às daquelas de laparoscopias urológicas convencionais (como a prostatectomia por laparoscopia), o procedimento está associado a alguns inconvenientes, incluindo acesso intravenoso limitado, tempo cirúrgico relativamente longo, posição de Trendelenburg profunda e pressão intra-abdominal (PIA) alta. A insuflação do abdome com CO<sub>2</sub> não é benigna. O volume pulmonar diminui e a pressão arterial média aumenta, enquanto o índice

cardíaco diminui e a absorção de CO<sub>2</sub> provoca hipercapnia e uma redução concomitante do pH do sangue.<sup>6,7</sup> Qualquer dessas alterações pode levar ao distúrbio cardiorrespiratório súbito. Além disso, a lesão não intencional dos vasos pode levar à hemorragia maciça ou embolia por CO<sub>2</sub>, o que exige reanimação rápida.<sup>6-8</sup> Capnometria de rotina deve ser usada em todos os casos de laparoscopia, pois permite que a adequação da ventilação mecânica seja avaliada.

Atualmente, muito do conhecimento sobre a cirurgia urológica robótica foi extraído de procedimentos ginecológicos feitos em uma posição de Trendelenburg menos profunda e sob condições de PIA baixas e de estudos de colecistectomias laparoscópicas feitas em pacientes com PIAs mais baixas, com um tempo cirúrgico relativamente curto e na posição de "cabeça para cima", que pode ter efeitos diferentes sobre os parâmetros respiratórios e hemodinâmicos dos pacientes, bem como o risco de embolia.<sup>9</sup> Em nosso estudo, o objetivo foi descrever os desafios anestésicos em procedimentos de PR feitos na posição de Trendelenburg profunda e em condições de PIA alta. Além disso, também objetivamos descrever os critérios para a alta segura do centro cirúrgico.

## Métodos

### Desenho do estudo

A aprovação do Comitê de Ética institucional e consentimento informado assinado por cada paciente foram obtidos. Foram prospectivamente incluídos no estudo 53 pacientes consecutivos admitidos em nossa clínica e que foram submetidos à PR entre dezembro de 2009 e janeiro de 2011.

Monitoramento não invasivo (ECG, oximetria de pulso, pressão arterial não invasiva, temperatura corporal e parâmetros respiratórios), monitoramento invasivo (pressão arterial média, pressão venosa central e parâmetros ventilatórios) (monitor de paciente Infinity Delta, Draeger Medical Systems, Inc., Telford, PA, EUA) e gasometria foram feitos em decúbito dorsal ( $T_0$ ), Trendelenburg ( $T_1$ ), Trendelenburg + pneumoperitônio ( $T_2$ ), Trendelenburg pré-desinsuflação ( $T_3$ ), Trendelenburg pós-desinsuflação ( $T_4$ ) e posições supinas ( $T_5$ ).

Após a indução da anestesia com pentobarbital (4-7 mg/kg) e rocurônio (0,6 mg/kg), a intubação traqueal foi feita. A anestesia foi mantida com infusão de 50 mcg/mL de remifentanil (0,1 mcg/kg/min) e sevoflurano (2 MAC), com *bolus* adicionais de rocurônio, conforme necessário. Os pulmões de cada paciente foram ventilados no modo de ventilação controlada por volume com o uso de 50% de oxigênio e ar com volume corrente ajustado (VT) e/ou com frequência respiratória (f) para obter uma pressão de dióxido de carbono no fim da expiração (PET-CO<sub>2</sub>) de 25-30%, o que foi monitorado com gasometria em paralelo. O controle de líquidos foi considerado em dois intervalos, antes e após anastomose da uretra. Líquidos foram relativamente restritos antes da anastomose da uretra. O segundo intervalo incluiu uma taxa de infusão mais elevada para atingir 2-3 mL/kg/h da quantidade total de líquidos durante a operação.

Um cateter arterial foi inserido na artéria radial esquerda e cateterismo venoso central feito através da veia jugular interna direita para medir a pressão venosa central (PVC). A PVC foi zerada e medida na linha axilar média no quarto espaço intercostal em posição supina. Os acessos venoso periférico e arterial foram alongados por meio de linhas. Ondansetron (4 mg) foi administrado por via intravenosa e a sonda orogástrica foi inserida com o paciente em posição supina. A pressão intraperitoneal foi ajustada para 18 mm Hg. A proteção cerebral foi assegurada por meio da administração de 8 mg fosfato sódico de dexametasona no início da operação e furosemida 40 mg.

Durante a extubação, os pacientes foram colocados em uma posição de Trendelenburg inversa e a administração de diuréticos foi repetida para diminuir o edema das vias aéreas superiores, que poderia ser causado pela permanência prolongada da posição de Trendelenburg profunda. A extubação foi aprovada após a gasometria confirmar normocapnia durante a respiração espontânea minimamente assistida e durante a respiração espontânea de 10 L/min de ventilação, em média, na ausência ou redução de edema conjuntival, das vias aéreas superiores e da língua, com reversão do bloqueio neuromuscular e temperatura corporal de 35 °C ou mais.

Extubação segura foi feita no centro cirúrgico, de acordo com nossos critérios de alta, e devidamente controlada, como mostra a [tabela 1](#). As complicações da posição de Trendelenburg profunda e da anestesia foram registradas durante e após a cirurgia. Os pacientes foram classificados de acordo com seus níveis de pH arterial: em  $T_5$  como pH < 7,35 (aqueles com acidose no fim da cirurgia) e pH > 7,35 (aqueles com maior acidose). Nesses grupos, os tipos de acidose desenvolvidos e os tratamentos foram documentados no intraoperatório.

**Tabela 1** Lista de verificação integrada para a extubação segura e alta dos pacientes submetidos à prostatectomia robótica do centro cirúrgico/sala de recuperação

#### Pré-extubação

Respiração adequada  
Reversão do bloqueio neuromuscular  
Sem hiperemia de cabeça e pescoço ou com melhoria  
Sem acidose respiratória ou com melhoria  
Sem edema lingual ou com melhoria  
Sem inchaço e/ou língua branca e embotada ou com melhoria  
Sem edema conjuntival ou com melhoria  
Normocapnia em gasometria e 10 L/min de MVM em média durante ventilação espontânea

#### Pós-extubação e no centro cirúrgico

Sem ronos durante a inspiração e expiração (ou, quando acordado, sem sinal de ter sido afetado pelo bloqueio neuromuscular)  
Sem inspiração ruidosa (ou, quando acordado, sem sinal de ter sido afetado pelo bloqueio neuromuscular)  
Em dificuldade ou distúrbio inspiratório (retração intercostal, retração supraclavicular ou retração das narinas durante a inspiração)

MVM: média de ventilação minuto.

## Análise estatística

Os dados foram analisados com o programa Estatístico da IBM para Ciências Sociais versão 19,0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Testes *t* de amostras pareadas foram usados para avaliar as diferenças entre os grupos. O teste do qui-quadrado foi feito para comparar as variáveis nominais.

## Resultados

A média de idade dos pacientes foi de 60,12 ± 7,33, índice de massa corporal (IMC) de 27,30 ± 3,97, índice metabólico basal de 27,30 ± 3,97 e escore do estado físico ASA de 1,72 ± 0,59. Em relação às variáveis cirúrgicas, o tempo de cirurgia foi de 217,04 ± 80,73 min, o tempo de Trendelenburg de 262,45 ± 75,93 min, a perda de sangue de 262,60 ± 50,00 mL e fluidos totais administrados de 1.680,00 ± 404,71 mL. NaHCO<sub>3</sub> foi administrado em 20% dos pacientes e atropina em 78,6%. Dos pacientes, 35 apresentaram pH < 7,35 e 18, pH ≥ 7,35.

A [tabela 2](#) mostra o valor  $T_0$  e os valores  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$  para os dados hemodinâmicos e respiratórios e os ajustes ventilatórios. As frequências cardíacas (FC) foram significativamente diferentes entre  $T_0$  e  $T_2$  ( $p=0,0001$ ), com FC menor em  $T_2$  do que em  $T_0$ . O valor da pressão arterial média (MAP) foi significativamente maior em  $T_2$  do que em  $T_0$  ( $p=0,004$ ). O valor médio da PVC foi significativamente maior em  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ , e  $T_4$  do que em  $T_0$  ( $p=0,0001$  para todos os tempos). O valor médio de PET-CO<sub>2</sub> em  $T_3$  foi significativamente maior do que em  $T_0$  ( $p=0,005$ ). A média da frequência respiratória em  $T_5$  foi significativamente maior do que em  $T_0$  ( $p=0,031$ ). Os valores médios de f em  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$  foram significativamente maiores do que em  $T_1$ ,

**Tabela 2** Dados hemodinâmicos e respiratórios e ajustes ventilatórios em prostatectomia robótica

Variáveis	Prostatectomia robótica				
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
Frequência cardíaca média (bpm) (T <sub>0</sub> )	67,29 (71,54)	62,45 (70,91)	69,98 (70,66)	67,13 (71,52)	75,91 (73,29)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,173	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,762	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,092	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,299
Pressão arterial média (mm Hg) (T <sub>0</sub> )	91,00 (88,09)	101,56 (89,88)	95,33 (90,18)	91,04 (87,96)	94,41 (91,83)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,348	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,004 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,101	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,339	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,444
Pressão venosa central (mm Hg) (T <sub>0</sub> )	17,30 (6,70)	20,61 (7,84)	19,68 (8,39)	17,21 (6,55)	8,15 (7,84)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,647
PET-CO <sub>2</sub> (mm Hg) (T <sub>0</sub> )	32,40 (33,28)	33,76 (33,00)	35,40 (32,89)	34,27 (32,97)	34,84 (32,88)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,116	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,317	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,005 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,144	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,111
SpO <sub>2</sub> (%) (T <sub>0</sub> )	98,86 (99,14)	98,64 (99,04)	99,20 (99,00)	99,37 (99,20)	99,13 (98,98)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,223	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,079	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,323	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,344	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,464
Respiração (T <sub>0</sub> )	15,68 (14,76)	16,93 (17,45)	15,85 (17,45)	17,04 (15,88)	20,35 (17,33)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,446	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,712	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,229	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,467	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,031 <sup>a</sup>
f ajustada (bpm) (T <sub>0</sub> )	12,30 (12,03)	12,65 (12,10)	14,24 (12,07)	15,91 (12,03)	17,21 (12,11)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,058	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,017 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>
VT ajustado (mL) (T <sub>0</sub> )	577,41 (580,86)	581,33 (581,94)	575,98 (580,76)	579,22 (577,66)	575,80 (582,39)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,134	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,779	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,260	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,696	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,342
Ventilação minuto (mL/min) (T <sub>0</sub> )	6,34 (6,67)	6,60 (6,68)	7,41 (6,64)	8,54 (6,68)	8,97 (6,66)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,040 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,493	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>
Auto-PEFP (mm Hg) (T <sub>0</sub> )	1,66 (1,59)	1,60 (1,57)	1,51 (1,60)	1,39 (1,68)	1,74 (1,55)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,626	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,850	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,352	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,059	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,334
Pressão de platô (mm Hg) (T <sub>0</sub> )	21,39 (12,36)	32,21 (12,77)	31,14 (12,98)	24,68 (12,16)	16,65 (13,14)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>
Pressão de pico (mm Hg) (T <sub>0</sub> )	24,21 (14,79)	35,38 (15,81)	34,3 (15,81)	27,77 (14,87)	21,47 (16,17)
	p(T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>4</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>	p(T <sub>0</sub> - T <sub>5</sub> ) = 0,000 <sup>a</sup>

PET-CO<sub>2</sub>, pressão expirada de dióxido de carbono; SPO<sub>2</sub>, saturação de oxigênio periférico; f, frequência ajustada de respiração; VT, volume corrente ajustado.

<sup>a</sup> p < 0,05.

T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> (p = 0,017, p = 0,0001, p = 0,0001, p = 0,0001, respectivamente). As médias de ventilação minuto (MVM) em T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> foram significativamente maiores do que em T<sub>0</sub> (p = 0,040, p = 0,0001, p = 0,0001, p = 0,0001, respectivamente). As médias das pressões de platô e pico em T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> foram significativamente maiores do que a média em T<sub>0</sub> (p = 0,0001 para todos os tempos). Nenhuma diferença significativa nos valores de SpO<sub>2</sub> e de PEFP em qualquer tempo mensurado em comparação com T<sub>0</sub> foi observada (p > 0,05).

Os pacientes com pH < 7,35 apresentaram níveis significativamente mais elevados de PaCO<sub>2</sub> em comparação com aqueles com pH > 7,35 em T<sub>5</sub> (p = 0,034). Os níveis de excesso de base em pacientes com pH < 7,35 foram significativamente menores em comparação com aqueles com pH > 7,35 em T<sub>5</sub> (p = 0,024). Os níveis de lactato e HCO<sub>3</sub>

em T<sub>5</sub> não apresentaram diferenças significantes entre os pacientes com pH < 7,35 em T<sub>5</sub> e pacientes com pH > 7,35 em T<sub>5</sub> (p = 0,367 e p = 0,073, respectivamente) (tabela 3). Não houve diferenças significantes no volume corrente ajustado (VT ajustado) ou na frequência respiratória ajustada (f ajustada) em nenhum momento durante a operação entre os pacientes com pH < 7,35 e aqueles com pH > 7,35 (tabela 4).

As complicações observadas relacionadas à anestesia e à posição incluíram edema conjuntival (60,4%), regurgitação (15,1%), inchaço da língua (15,1%), arritmia (bradicardia) (15,1%), edema de cabeça e pescoço (13,2%), inspiração ruidosa (13,2%), hiperemia de cabeça e pescoço (5,7%), dificuldade de inspiração (3,8%) e neurapraxia (1,9%). A necessidade de UTI foi observada em 9,3% dos pacientes do grupo de estudo no pós-operatório.

**Tabela 3** Determinantes baseados em registros de gasometria e acidose para ambos os casos (pH < 7,35 e pH > 7,35) de prostatectomia robótica em T<sub>5</sub>

Determinantes	pH < 7,35 em T <sub>5</sub> (n = 35)	pH ≥ 7,35 em T <sub>5</sub> (n = 18)	p
PaCO <sub>2</sub> (mm Hg)	4,485 ± 7,55	33,93 ± 3,15	0,034
Excesso de base (mEq/L)	-5,46 ± 1,57	-3,66 ± 1,53	0,024
Lactato (mg/dL)	13 ± 8,41	12,63 ± 4,17	0,367
HCO <sub>3</sub> (mEq/L)	19,52 ± 2,78	22,02 ± 3,06	0,073

**Tabela 4** Alterações no intraoperatório da frequência de respiração ajustada e volume corrente ajustado nos casos pH  $\geq$  7,35 e pH  $<$  7,35 em T<sub>5</sub>

	pH $<$ 7,35 em T <sub>5</sub> (n = 35)	pH $\geq$ 7,35 em T <sub>5</sub> (n = 18)	p
Volume corrente ajustado (mL)	553,81 $\pm$ 53,75	547,77 $\pm$ 78,82	0,446
Frequência de respiração ajustada (bpm)	16,27 $\pm$ 4,02	16,85 $\pm$ 4,12	0,342

## Discussão

Nosso objetivo foi descrever os desafios anestésicos relacionados à PIA alta e à posição de Trendelenburg profunda em pacientes submetidos à PR. Embora a posição de Trendelenburg profunda e uma PIA prolongada de 18 mm Hg possam produzir efeitos adversos cardiovasculares, respiratórios e neurológicos, Kalmar et al. relataram que os parâmetros hemodinâmicos e pulmonares permaneceram dentro dos limites fisiológicos em seu estudo de PR, o que indica que a posição de Trendelenburg e pneumoperitônio com CO<sub>2</sub> foram bem tolerados.<sup>7</sup> Os resultados de nosso estudo demonstram que nossos dados hemodinâmicos e respiratórios diferem daqueles relatados por Kalmar et al. A diferença pode ser porque nosso estudo clínico é relativamente maior, com 53 pacientes submetidos a procedimentos de PR em uma posição de Trendelenburg profunda e PIA média alta de 18 mm.

As alterações dos parâmetros respiratórios requerem ajustes intensos. Portanto, os aumentos observados da PET-CO<sub>2</sub> causados pela diminuição do VT, que pode ter sido causada pela posição de Trendelenburg profunda e pneumoperitônio, foram compensados pelo aumento da f e ventilação minuto para prevenir a acidose respiratória. As pressões de platô e pico, que excederam os limites normais por causa tanto da posição de Trendelenburg quanto do pneumoperitônio, foram diminuídas com o aumento conservador da f para evitar a geração de auto-PEFP. As alterações da pressão intratorácica e os ajustes da ventilação mecânica também poderiam ter levado à geração de PEF. As pressões de platô e pico altas observadas em nosso grupo de estudo no fim das operações em posição supina podem ter estado relacionadas aos esforços espontâneos de respiração dos pacientes e/ou a possível pneumoperitônio residual. O principal desafio clínico em nosso grupo de estudo foi a escolha da estratégia de ventilação para controlar a acidose respiratória, que é detectada por meio de PET-CO<sub>2</sub> e gasometria. Primeiro, o aumento da frequência respiratória para aumentar a MVM, que reduziu os valores da PET-CO<sub>2</sub>, foi necessário durante a posição de Trendelenburg com pneumoperitônio. Esse resultado mostra que o aumento da PET-CO<sub>2</sub> não foi por causa do score ASA maior ou de complicações pulmonares, mas do aumento do valor de PaCO<sub>2</sub> causado pelo pneumoperitônio com CO<sub>2</sub>. Segundo, a pressão platô (soma da PEF total e pressão de condução) foi monitorada para não ultrapassar o limite de 35 mm Hg. Na posição de Trendelenburg profunda, os pacientes tendem a desenvolver auto-PEFP e pressões intratorácicas com pressões altas das vias aéreas, o que pode ter comprometido o VT por causa da PEF excessiva ou auto-PEFP e/ou pressão de condução reduzida. Não sabemos se PIA alta em posição de Trendelenburg profunda limita a pressão de condução com ou sem pressões altas das

vias aéreas, o que pode ter comprometido o VT. Os efeitos da posição de Trendelenburg profunda e PIA alta sobre a mecânica pulmonar também são desconhecidos. O VT foi ajustado para fornecer ventilação adequada sem ultrapassar a pressão de pico das vias aéreas de 40 cm H<sub>2</sub>O. Como o VT foi reduzido na posição de Trendelenburg profunda, um ajuste da MVM foi feito com o uso da f. Para evitar ou minimizar a auto-PEFP, a frequência respiratória foi ajustada para permitir a expiração completa, com uma razão de inspiração-expiração (I/E) de 1/2.

Insuflação peritoneal induz alterações significativas na hemodinâmica.<sup>10,11</sup> Em nosso estudo, o aumento da PET-CO<sub>2</sub> pode ter sido causado pelo uso de uma grande quantidade de CO<sub>2</sub> total durante a insuflação antes da extubação e pela dificuldade de inspiração e/ou expiração. Manter a PET-CO<sub>2</sub> entre 32,40 e 35,40 mm Hg resultou em valores de PaCO<sub>2</sub> de 33,23-41,60. Esses resultados sugerem que as condições dos pacientes não tiveram efeitos negativos na remoção de CO<sub>2</sub>. Além disso, como uma medida indireta, não invasiva, a PET-CO<sub>2</sub> é um meio preciso de monitoramento da PaCO<sub>2</sub> e a posição de Trendelenburg profunda não diminui sua utilidade.<sup>12,13</sup> Em estudo de PR, Kalmar et al. relataram valores mais elevados do que os nossos de CO<sub>2</sub> e PET-PaCO<sub>2</sub>, com valores de PET-CO<sub>2</sub> entre 3,40 e 4,66 kPa, o que resultou em uma PaCO<sub>2</sub> entre 4,66 e 6,00 kPa.<sup>7</sup> Não houve alterações da PET-CO<sub>2</sub>, SpO<sub>2</sub> ou respiração, pois a MVM foi ampliada por aumento da frequência respiratória para proporcionar a remoção de CO<sub>2</sub> e o bloqueio neuromuscular foi revertido adequadamente neste estudo. Embora as pressões de platô e pico tenham sido reduzidas pelo uso da posição supina no fim das operações, essas pressões permaneceram elevadas durante os procedimentos. Porém, as pressões atingiram os valores mais elevados durante a posição de Trendelenburg profunda com pneumoperitônio.

Embora um aumento da pressão arterial e leve aumento da FC estejam associados à insuflação peritoneal, uma queda do débito cardíaco também foi descrita na literatura, quer o paciente esteja posicionado de cabeça para baixo ou para cima.<sup>12,14-16</sup> Em nosso estudo, embora a PAM tenha se mantido inalterada, a FC diminuiu de forma significativa e exigiu intervenção. Os valores da PVC também ficaram acima dos limites normais. Esses valores elevados podem ter sido por causa da posição de Trendelenburg, pois voltaram aos valores iniciais no fim da operação. Embora os efeitos mais óbvios dos procedimentos de PR na FC, PAM e PVC em nosso estudo tenham ocorrido logo que os pacientes foram colocados na posição de Trendelenburg com pneumoperitônio, essas medidas continuaram a ser afetadas em menor grau até o posicionamento em decúbito dorsal no fim dos procedimentos. As alterações mais óbvias foram observadas na PVC. O lactato não aumentou; portanto, não houve indicação de que o metabolismo anaeróbico tenha

ocorrido ou contribuído para a acidose. Em estudo com 18 pacientes ASA-1, Torrielli et al. relataram que o aumento da PIA (10 mm Hg) foi associado à redução do índice cardíaco, que voltou ao valor inicial após 10 min em posição de Trendelenburg a 10°. Os autores também relataram que a elevação da PIA foi associada a aumento da PAM e da resistência vascular sistêmica e esses valores não voltaram ao normal após a exsuflação peritoneal.<sup>14</sup> No presente estudo, observamos os efeitos agudos da posição de Trendelenburg com pneumoperitônio como um aumento da PAM e diminuição da FC e ambos os parâmetros retornaram aos valores iniciais nos tempos subsequentes. Kalmar et al. relataram resultados altos semelhantes relacionados ao estado físico ASA.<sup>7</sup> Kordan et al. demonstraram que a posição de Trendelenburg aumentou a PAM de forma significativa.<sup>17</sup> No presente estudo, a PAM aumentou significativamente no início da posição de Trendelenburg sem pneumoperitônio. Os aumentos dos valores da PVC, na posição de Trendelenburg tanto profunda quanto a 5°, com e sem pneumoperitônio, e as reduções dos valores da PVC para os valores basais no fim da operação indicam uma estreita relação entre os valores da PVC e a posição de Trendelenburg isolada ou com PIA.

Embora as gasometrias tenham sido usadas para avaliar os problemas respiratórios e metabólicos em todos os tempos mensurados, a presença de acidose foi determinada como "pH < 7,35" e pH normal como "pH > 7,35" com base nos registros das gasometrias no fim da operação ( $T_5$ ). Neste estudo, em todos os tempos mensurados, os tipos de acidose diagnosticados eram respiratória e metabólica. Os aumentos de VT ajustado e de f ajustada refletiram tratamento de acidose respiratória durante a operação. Os problemas respiratórios determinados no presente estudo incluíram redução do pH arterial, por causa da PaCO<sub>2</sub> alta, e edema das vias aéreas superiores língua, por causa da posição de Trendelenburg profunda e da pressão do balonete da sonda endotraqueal na base da língua. A estratégia de controle teve como foco evitar qualquer redução adicional do pH, o que pode agravar os parâmetros gasométricos para pH de 7,20 e HCO<sub>3</sub> de 18 mmol/L. Normocarbida e manutenção adequada da MVM foram os principais objetivos do monitoramento gasométrico durante os procedimentos cirúrgicos e a avaliação de extubação. Como a PaO<sub>2</sub> e SpO<sub>2</sub> não caíram a valores críticos, nenhum dos pacientes em ambos os grupos precisou de intervenção adicional.

Pruthi et al. relataram um tempo cirúrgico de 6,1 h para cistoprostatectomia e média de perda sanguínea de 313 mL.<sup>3</sup> O tempo médio de cirurgia relatado para os casos de PR foi semelhante ao nosso. Em um estudo dos requisitos para transfusão em prostatectomias abertas radicais por laparoscopia robótica, Kordan et al. demonstraram que a PR foi associada a menor perda de sangue e menos chance de transfusão de hematócritos que o grupo prostatectomia aberta.<sup>17</sup> Em nosso estudo, nenhum dos pacientes precisou de transfusões.

Em estudo feito por Bhandari et al., as complicações perioperatórias durante PR robótica incluíram uma complicação relacionada à anestesia, de 16 complicações em 300 pacientes submetidos à PR.<sup>1</sup> Foi estabelecido que a posição de Trendelenburg profunda pode causar diminuição da capacidade residual funcional, do volume pulmonar total e da

complacência pulmonar e pode facilitar o desenvolvimento de atelectasia.<sup>18</sup> Em nosso estudo, as complicações mais frequentes relacionadas à posição e à anestesia foram edema conjuntival, regurgitação e sintomas clínicos "semelhantes à obstrução das vias aéreas" que poderiam piorar a acidose respiratória. Phong et al. relataram sinais clínicos de edema das vias respiratórias superiores por meio de uma redução do fluxo venoso da cabeça provocada pelo pneumoperitônio durante posição de Trendelenburg profunda, prolongada.<sup>8</sup> Observamos línguas alargadas e despigmentadas edematosas; roncos; inspiração ruidosa; dificuldade inspiratória; retrações de narinas, supraclaviculares e intercostais quando os pacientes despertaram e foram extubados. A pressão do balonete endotraqueal na base da língua pode causar e piorar o edema da língua e impedir a drenagem linfática e venosa da língua. O uso da posição da cabeça na vertical antes da extubação, de diuréticos quando necessário e a extubação, em si, melhoraram esses sintomas. Nossos critérios para alta do centro cirúrgico, além do escore de Alderete, incluem a melhoria dos sinais das vias aéreas superiores e dos sintomas. As complicações por causa da posição de Trendelenburg profunda e/ou pneumoperitônio foram limitadas à sala de cirurgia para a maioria dos pacientes; a maioria dos quais não apresentou qualquer necessidade de internação em UTI. Em estudo de complicações perioperatórias durante PR, Bhandari et al. relataram uma taxa de complicação global de 5,3% e uma taxa para complicação grave inferior a 2% em sua série de casos, com o uso do método de Clavient et al.<sup>1,19</sup> No presente estudo, as complicações neurológicas foram raras e temporárias e registradas no primeiro dia de pós-operatório na enfermaria. A única complicação neurológica observada no presente estudo foi uma neuropraxia sensorial e motora unilateral temporária no braço direito, observada no primeiro dia de pós-operatório e que durou três dias, semelhante a uma complicação observada no relato de Yee et al.<sup>20</sup> Arritmia pode ser induzida por várias causas em pacientes submetidos à laparoscopia. Em nosso estudo, bradicardia foi responsável pela maior parte dos casos de arritmia durante os procedimentos de PR e essas complicações ocorreram imediatamente após os pacientes serem transferidos para a posição de Trendelenburg e/ou logo antes do procedimento cirúrgico. Interpretamos esse tempo como uma indicação de que a arritmia resultou da posição de Trendelenburg e/ou dos reflexos induzidos pelo alongamento súbito do pneumoperitônio, que pode ter causado um aumento da função vagal. Além disso, a infusão de remifentanil pode ter um papel na bradicardia nesses casos. No entanto, bradicardia não foi observada durante as infusões de remifentanil em qualquer outro momento dos procedimentos cirúrgicos.

O principal objetivo do presente estudo foi descrever os desafios anestésicos relacionados à PIA alta e à posição de Trendelenburg profunda em pacientes submetidos à PR. Porém, a PIA alta usada no presente estudo pode ser responsável por várias complicações além da posição de Trendelenburg profunda. Em estudos com animais, as pressões intraperitoneais >20 mm Hg resultaram em colapso venoso intra-abdominal, o que ocorreu em níveis mais baixos de pressão intraperitoneal na presença de hipovolemia.<sup>21</sup> Portanto, a variação relativa da pressão intraperitoneal e

periférica pode ser o principal determinante dos movimentos da parede vascular responsável pelo colapso e pela abertura venosa e poderia haver situações que facilitassem a embolização gasosa. O aumento da pressão intraperitoneal poderia reduzir o risco de embolia gasosa, mas poderia causar instabilidade hemodinâmica e respiratória nessa posição. Portanto, o desafio para os médicos é a obtenção de uma pressão intraperitoneal ideal de equilíbrio entre os riscos de embolia gasosa e instabilidade hemodinâmica e respiratória durante a prostatectomia radical laparoscópica.

Devemos esclarecer que o uso de uma pressão intra-abdominal mais baixa certamente poderia desencadear complicações anestésicas menos graves, como acidose respiratória, distúrbios metabólicos ácido-base, problemas de controle de líquidos, sintomas clínicos "semelhantes à obstrução das vias aéreas superiores", manutenção de normocarbia e oferta de MVM adequada. Esses problemas respiratórios podem causar redução do pH arterial e requerem atenção especial para evitar piora da acidose, que evitaria uma deterioração metabólica muito maior. No tratamento desses casos, os medicamentos e os ajustes ventilatórios devem ser controlados com cuidado. É imprescindível monitorar os regimes de infusão de líquidos (para controlar a acidose metabólica) e a gasometria e PET-CO<sub>2</sub> para manter a normocarbia e MVM adequada.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências

1. Bhandari A, McIntire L, Kaul SA, et al. Perioperative complications of robotic radical prostatectomy after the learning curve. *J Urol*. 2005;174:915–8.
2. Raboy A, Ferzli G, Albert P. Initial experience with extraperitoneal endoscopic radical retropubic prostatectomy. *Urology*. 1997;50:849–53.
3. Pruthi RS, Nielsen ME, Nix J, et al. Robotic radical cystectomy for bladder cancer: surgical and pathological outcomes in 100 consecutive cases. *J Urol*. 2010;183:510–4.
4. Sandlin D. Robotic assisted prostatectomy. *J Perianesth Nurs*. 2004;19:114–6.
5. Menon M, Hemal AK, Tewari A, et al. Nerve-sparing robot-assisted radical cystoprostatectomy and urinary diversion. *BJU Int*. 2003;92:232–6.
6. Goodale RL, Beebe DS, McNevin MP, et al. Hemodynamic, respiratory, and metabolic effects of laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg*. 1993;166:533–7.
7. Kalmar AF, Foubert L, Hendrickx JF, et al. Influence of steep Trendelenburg position and CO<sub>2</sub> pneumoperitoneum on cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory homeostasis during robotic prostatectomy. *Br J Anaesth*. 2010;104:433–9.
8. Phong SV, Koh LK. Anaesthesia for robotic-assisted radical prostatectomy: considerations for laparoscopy in the Trendelenburg position. *Anaesth Intensive Care*. 2007;35:281–5.
9. Cunningham AJ, Brull SJ. Laparoscopic cholecystectomy: anesthetic implications. *Anesth Analg*. 1993;76:1120–33.
10. Struthers AD, Cuschieri A. Cardiovascular consequences of laparoscopic surgery. *Lancet*. 1998;352:568–70.
11. Koivusalo AM, Lindgren L. Effects of carbon dioxide pneumoperitoneum for laparoscopic cholecystectomy. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2000;44:834–41.
12. Hirvonen EA, Nuutinen LS, Kauko M. Hemodynamic changes due to Trendelenburg positioning and pneumoperitoneum during laparoscopic hysterectomy. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1995;39:949–55.
13. Odeberg S, Ljungqvist O, Svenberg T, et al. Haemodynamic effects of pneumoperitoneum and the influence of posture during anaesthesia for laparoscopic surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1994;38:276–83.
14. Torrielli R, Cesarini M, Winnock S, et al. Hemodynamic changes during celioscopy: a study carried out using thoracic electric bioimpedance. *Can J Anaesth*. 1990;37:46–51 [article in French].
15. Walder AD, Aitkenhead AR. Role of vasopressin in the haemodynamic response to laparoscopic cholecystectomy. *Br J Anaesth*. 1997;78:264–6.
16. Joris JL, Chiche JD, Canivet JL, et al. Hemodynamic changes induced by laparoscopy and their endocrine correlates: effects of clonidine. *J Am Coll Cardiol*. 1998;32:1389–96.
17. Kordan Y, Barocas DA, Altamar HO, et al. Comparison of transfusion requirements between open and robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int*. 2010;106:1036–40.
18. Hazebroek EJ, Bonjer HJ. Effect of patient position on cardiovascular and pulmonary function. In: Whelan RL, Fleshman JW, Fowler DL, editors. *The Sages Perioperative Care in Minimally Invasive Surgery*. New York: Springer; 2006. p. 410–7.
19. Clavien PA, Sanabria JR, Strasberg SM. Proposed classification of complications of surgery with examples of utility in cholecystectomy. *Surgery*. 1992;111:518–26.
20. Yee DS, Katz DJ, Godoy G, et al. Extended pelvic lymph node dissection in robotic-assisted radical prostatectomy: surgical technique and initial experience. *Urology*. 2010;75:1199–204.
21. Bazin JE, Gillart T, Rasson P, et al. Haemodynamic conditions enhancing gas embolism after venous injury during laparoscopy: a study in pigs. *Br J Anaesth*. 1997;78:570–5.