



ARTÍCULO CIENTÍFICO

Prostatectomía robótica: análisis anestesiológico de cirugías urológicas robóticas, un estudio prospectivo^{☆,☆☆}

Menekse Oksar^{a,*}, Ziya Akbulut^b, Hakan Ocal^a, Mevlana Derya Balbay^b y Orhan Kanbak^a

^a Departamento de Anestesiología y Reanimación, Hospital de Enseñanza e Investigación Ankara Ataturk, Ankara, Turquía

^b Departamento de Urología, Hospital de Enseñanza e Investigación Ankara Ataturk, Ankara, Turquía

Recibido el 30 de julio de 2013; aceptado el 31 de octubre de 2013

Disponible en Internet el 4 de julio de 2014

PALABRAS CLAVE

Cirugía robótica;
Prostatectomía;
Cirugía urológica

Resumen

Justificación y objetivos: Aunque muchas características de la prostatectomía robótica sean similares a las de las laparoscopias urológicas convencionales (como la prostatectomía laparoscópica), el procedimiento está asociado con algunos inconvenientes, incluyendo el acceso intravenoso limitado, tiempo quirúrgico relativamente largo, posición de Trendelenburg profunda y presión intraabdominal alta. El objetivo principal fue describir las alteraciones respiratorias y hemodinámicas y las complicaciones relacionadas con la presión intraabdominal elevada y con la posición de Trendelenburg profunda en pacientes sometidos a prostatectomía robótica. El objetivo secundario fue revelar criterios seguros de alta del quirófano.

Métodos: Cincuenta y tres pacientes sometidos a prostatectomía robótica entre diciembre de 2009 y enero de 2011 fueron incluidos en un estudio prospectivo. Las principales medidas de resultado fueron: monitorización no invasiva, monitorización invasiva y gasometría realizada en decúbito dorsal (T_0), Trendelenburg (T_1), Trendelenburg + neumoperitoneo (T_2), Trendelenburg predesinsuflación (T_3), Trendelenburg posdesinsuflación (T_4) y posiciones supinas (T_5).

Resultados: Cincuenta y tres pacientes sometidos a prostatectomía robótica fueron incluidos en el estudio. El principal reto clínico en nuestro grupo de estudio fue la elección de la estrategia de ventilación para controlar la acidosis respiratoria, que es detectada por medio de la presión de dióxido de carbono espirado y la gasometría. Además, la presión arterial media permaneció inalterada, y la frecuencia cardíaca disminuyó significativamente y fue necesario intervenir. Los valores de la presión venosa central también estaban por encima de los límites normales.

Conclusión: La acidosis respiratoria y los síntomas clínicos «similares a la obstrucción de las vías aéreas» fueron los principales desafíos asociados con los procedimientos de prostatectomía robótica.

© 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos los derechos reservados.

[☆] El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Anestesiología y Reanimación del Hospital de Enseñanza e Investigación Ankara Ataturk.

^{☆☆} Presentado en el Euroanaesthesia Congress, París, Francia, del 9 al 12 de junio de 2012.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: 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.

Introducción

La prostatectomía laparoscópica fue realizada por primera vez por Bhandari et al. en 1997 usando un abordaje transperitoneal¹. Un abordaje extraperitoneal fue posteriormente descrito por Raboy et al., con los primeros casos clínicos de prostatectomía radical extraperitoneal laparoscópica usando un sistema robótico desarrollado y relatado en 2003 por Pruthi et al.^{2,3}. La introducción del sistema quirúrgico da Vinci transformó el campo de la cirugía robótica en todo el país y logró resolver algunas de las limitaciones de la laparoscopia urológica tradicional.

La prostatectomía robótica (PR) permitió a los urólogos usar un abordaje laparoscópico con más control y precisión para la prostatectomía radical. En comparación con el método abierto, el abordaje con la ayuda robótica ofrece muchas ventajas, incluyendo una mejor visualización y un manejo más preciso de vasos y nervios delicados⁴. El cirujano puede preservar mejor la integridad de los fascículos neurovasculares, lo que resulta en una mejoría de las funciones urinaria y sexual en el postoperatorio⁵. Otros beneficios incluyen menos dolor y sangrado después de la cirugía, y la cicatriz y el tiempo de ingreso son menores.

Aunque muchas características de la PR sean similares a las de las laparoscopias urológicas convencionales (como la prostatectomía laparoscópica), el procedimiento está asociado con algunos inconvenientes, incluyendo el acceso intravenoso limitado, tiempo quirúrgico relativamente largo, posición de Trendelenburg profunda y presión intraabdominal (PIA) alta. La insuflación de CO₂ en el abdomen no es benigna. El volumen pulmonar disminuye, la

presión arterial media (PAM) aumenta mientras el índice cardíaco se reduce y la absorción de CO₂ provoca hipercapnia y una reducción concomitante del pH de la sangre^{6,7}. Cualquiera de esas alteraciones puede conducir al trastorno cardiorrespiratorio súbito. Además, la lesión no intencional de los vasos puede originar una hemorragia masiva o embolia por CO₂, lo que exige una reanimación rápida⁶⁻⁸. La capnometría de rutina debe ser usada en todos los casos de laparoscopia, porque permite evaluar la adecuación de la ventilación mecánica.

Actualmente, mucho de lo que se conoce sobre la cirugía urológica robótica fue extraído de procedimientos ginecológicos realizados en una posición de Trendelenburg menos profunda y en condiciones de PIA bajas, y de estudios de colecistectomías laparoscópicas realizados en pacientes con PIA más bajas, con un tiempo quirúrgico relativamente corto y en la posición de «cabeza hacia arriba», que puede tener efectos diferentes sobre los parámetros respiratorios y hemodinámicos de los pacientes, como también el riesgo de embolia⁹. En nuestro estudio, el objetivo fue describir los retos anestésicos en procedimientos de PR realizados usando la posición de Trendelenburg profunda y condiciones de PIA alta. Además, también describimos los criterios para el alta segura del centro quirúrgico.

Métodos**Proyecto del estudio**

Se obtuvieron la aprobación del Comité de Ética institucional y el consentimiento informado firmado por cada paciente.

Cincuenta y tres pacientes admitidos en nuestra clínica y que fueron sometidos a PR entre diciembre de 2009 y enero de 2011 fueron incluidos prospectivamente en el estudio.

La monitorización no invasiva (ECG, oximetría de pulso, presión arterial no invasiva, temperatura corporal y parámetros respiratorios), monitorización invasiva (PAM, presión venosa central [PVC] y parámetros ventilatorios) (monitor de paciente Infinity Delta, Draeger Medical Systems, Inc. Telford, PA 18969, EE. UU.) y gasometría fueron realizados en decúbito dorsal (T_0), Trendelenburg (T_1), Trendelenburg + neumoperitoneo (T_2), Trendelenburg pre-desinsuflación (T_3), Trendelenburg posdesinsuflación (T_4) y posiciones supinas (T_5).

Posteriormente a la inducción de la anestesia con pentobarbital (4-7 mg/kg) y rocuronio (0,6 mg/kg), se realizó la intubación traqueal. La anestesia se mantuvo con infusión de 50 μ g/mL de remifentanilo (0,1 μ g/kg/min) y sevoflurano (2MAC), con bolos adicionales de rocuronio, según necesidad. Los pulmones de cada paciente fueron ventilados en el modo de ventilación controlada por volumen usando un 50% de oxígeno y aire con volumen corriente ajustado (VT) y/o con frecuencia respiratoria (f) para obtener una presión de dióxido de carbono al final de la espiración (PET-CO₂) del 25-30%, lo que fue monitorizado con gasometría en paralelo. El control de líquidos fue considerado en 2 intervalos, antes y después de la anastomosis de la uretra. Los líquidos fueron relativamente restringidos antes de la anastomosis de la uretra. El segundo intervalo incluyó una tasa de infusión más elevada para alcanzar 2-3 mL/kg/h de la cantidad total de líquidos durante la operación.

Un catéter arterial fue insertado en la arteria radial izquierda y el cateterismo venoso central fue realizado a través de la vena yugular interna derecha para medir la PVC. La PVC fue llevada a cero y medida en la línea axilar media en el cuarto espacio intercostal en posición supina. Los accesos venoso periférico y arterial fueron alargados a través de líneas. El ondansetrón (4 mg) fue administrado por vía intravenosa y la sonda orogástrica fue insertada con el paciente en posición supina. La presión intraperitoneal fue ajustada a 18 mm Hg. La protección cerebral fue asegurada por medio de la administración de 8 mg fosfato sódico de dexametasona al inicio de la operación y furosemida 40 mg.

Durante la desentubación, los pacientes fueron colocados en una posición de Trendelenburg invertida y la administración de diuréticos fue repetida para disminuir el edema de las vías aéreas superiores que podría ser causado por la permanencia prolongada en posición de Trendelenburg profunda. La desentubación fue aprobada después de que la gasometría confirmase la normocapnia durante la respiración espontánea mínimamente asistida y durante la respiración espontánea de 10 L/min de ventilación, como promedio, en ausencia o reducción de edema conjuntival, de las vías aéreas superiores y de la lengua, con reversión del bloqueo neuromuscular y temperatura corporal de 35 °C o más.

La desentubación segura fue realizada en el quirófano de acuerdo con nuestros criterios de alta, y debidamente controlada como aparece en la [tabla 1](#). Las complicaciones de la posición de Trendelenburg profunda y de la anestesia fueron registradas durante y después de la cirugía. Los pacientes fueron clasificados de acuerdo con sus niveles de

Tabla 1 Lista de verificación integrada para la desentubación segura y alta de los pacientes sometidos a prostatectomía robótica desde el quirófano/sala de recuperación

Pre-desentubación

Respiración adecuada
Reversión del bloqueo neuromuscular
Sin o con mejoría de la hiperemia de cabeza y cuello
Sin o mejoría de la acidosis respiratoria
Sin o mejoría de edema lingual
Sin o mejoría de la hinchazón y/o lengua blanca y embotada
Sin o mejoría de edema conjuntival
Normocapnia en gasometría y 10 L/min de MVM como promedio durante la ventilación espontánea

Pos-desentubación y en quirófano

Sin ronquidos durante la inspiración y espiración (o cuando está despierto, sin signos de haber sido afectado por el bloqueo neuromuscular)
Sin inspiración ruidosa (cuando está despierto) y sin signos de haber sido afectado por el bloqueo neuromuscular
Sin dificultad o trastorno inspiratorio (retracción intercostal, retracción supraclavicular, o retracción de las narinas durante la inspiración)

MVM, promedio de ventilación minuto.

pH arterial: en T_5 como pH < 7,35 (aquellos con acidosis al final de la cirugía) y pH > 7,35 (aquellos con mayor acidosis). En esos grupos, los tipos de acidosis desarrollados y los tratamientos fueron documentados en el intraoperatorio.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el programa estadístico de la IBM para Ciencias Sociales versión 19,0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Test-*t* de muestras pareadas fueron usados para evaluar las diferencias entre los grupos. El test de la Xi-cuadrado fue realizado para comparar las variables nominales.

Resultados

Cincuenta y tres pacientes del sexo masculino sometidos a PR fueron incluidos en el estudio. El promedio de edad fue 60,12 \pm 7,33; el índice de masa corporal 27,30 \pm 3,97; el índice metabólico basal 27,30 \pm 3,97; y la puntuación del estado físico ASA, 72 \pm 0,59 para el grupo de estudio. Con relación a las variables quirúrgicas, el tiempo de cirugía fue 217,04 \pm 80,73 min; el tiempo de Trendelenburg 262,45 \pm 75,93 min; la pérdida de sangre 262,60 \pm 50,00 mL; fluidos totales administrados 1.680 \pm 404,71 mL. NaHCO₃ fue administrado en un 20% de los pacientes y la atropina en un 78,6%. Treinta y cinco pacientes tuvieron un pH < 7,35 y 18 pacientes tuvieron un pH \geq 7,35.

La [tabla 2](#) muestra el valor T_0 y los valores T_1 , T_2 , T_3 , T_4 y T_5 para los datos hemodinámicos y respiratorios y los ajustes ventilatorios. Las frecuencias cardíacas (FC) fueron significativamente diferentes entre T_0 y T_2 ($p=0,0001$), con FC menor en T_2 que en T_0 . El valor de la PAM fue

Tabla 2 Datos hemodinámicos y respiratorios y ajustes ventilatorios en prostatectomía robótica

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

PET-CO₂, presión espirada de dióxido de carbono; SpO₂, saturación de oxígeno periférico; f, frecuencia ajustada de respiración; VT, volumen corriente ajustado.

^a p < 0,05.

significativamente mayor en T₂ que en T₀ (p=0,004). El valor promedio de la PVC fue significativamente mayor en T₁, T₂, T₃ y T₄ que en T₀ (p=0,0001 para todos los tiempos). El valor promedio de PET-CO₂ en T₃ fue significativamente mayor que en T₀ (p=0,005). El promedio de la f en T₅ fue significativamente mayor que en T₀ (p=0,031). Los valores promedios de f en T₂, T₃, T₄ y T₅ fueron significativamente mayores que en T₁, T₂, T₃, T₄ y T₅ (p=0,017; p=0,0001; p=0,0001; y p=0,0001 respectivamente). Las medias de ventilación minuto (MVM) en T₂, T₃, T₄ y T₅ fueron significativamente mayores que en T₀ (p=0,040; p=0,0001; p=0,0001; y p=0,0001 respectivamente). Los promedios de las presiones de meseta y pico en T₁, T₂, T₃, T₄ y T₅ fueron significativamente mayores que el promedio en T₀ (p=0,0001 para todos los tiempos). No se observó ninguna diferencia significativa en los valores de SpO₂ y de PEEP en ningún tiempo medido en comparación con T₀ (p > 0,05).

Los pacientes con pH < 7,35 tuvieron niveles significativamente más elevados de PaCO₂, en comparación con aquellos con pH > 7,35 en T₅ (p=0,034). Los niveles de exceso de base en pacientes con pH < 7,35 fueron significativamente menores en comparación con aquellos con pH > 7,35 en T₅ (p=0,024). Los niveles de lactato y HCO₃ en T₅ no presentaron diferencias significativas entre los pacientes con pH < 7,35 en T₅ y pacientes con pH > 7,35 en T₅ (p=0,367 y p=0,073 respectivamente) (tabla 3). No hubo diferencias

significativas en el VT ajustado o en la f ajustada en ningún momento durante la operación entre los pacientes con pH < 7,35 y aquellos con pH > 7,35 (tabla 4).

Las complicaciones observadas relacionadas con la anestesia y con la posición incluyeron edema conjuntival (60,4%), regurgitación (15,1%), hinchazón de la lengua (15,1%), arritmia (bradicardia) (15,1%), edema de cabeza y cuello (13,2%), inspiración ruidosa (13,2%), hiperemia de cabeza y cuello (5,7%), dificultad de inspiración (3,8%) y neuropraxia (1,9%). La necesidad de UCI fue observada en un 9,3% de los pacientes del grupo de estudio en el postoperatorio.

Discusión

En el presente estudio, nuestro objetivo fue describir los desafíos anestésicos relacionados con la PIA alta y posición de Trendelenburg profunda en pacientes sometidos a PR. Aunque la posición de Trendelenburg profunda y una PIA prolongada de 18 mm Hg puedan producir efectos adversos cardiovasculares, respiratorios y neurológicos, Kalmar et al. informaron que los parámetros hemodinámicos y pulmonares permanecieron dentro de los límites fisiológicos en su estudio de PR, lo que indica que la posición de Trendelenburg y el neumoperitoneo con CO₂ fueron bien tolerados⁷. Los resultados de nuestro estudio demuestran que nuestros datos hemodinámicos y respiratorios son diferentes de los

Tabla 3 Determinantes con base en registros de gasometría y acidosis para ambos casos (pH < 7,35 y pH > 7,35) de prostatectomía robótica en T₅

Determinantes	pH < 7,35 en T ₅ (n = 35)	pH ≥ 7,35 en T ₅ (n = 18)	p
PaCO ₂ (mm Hg)	4.485 ± 7,55	33,93 ± 3,15	0,034
Exceso 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 ₃ (mEq/L)	19,52 ± 2,78	22,02 ± 3,06	0,073

Tabla 4 Alteraciones en el intraoperatorio de la frecuencia de respiración ajustada y volumen corriente ajustado en los casos pH ≥ 7,35 y pH < 7,35 en T₅

	pH < 7,35 en T ₅ (n = 35)	pH ≥ 7,35 en T ₅ (n = 18)	p
Volumen corriente ajustado (mL)	553,81 ± 53,75	547,77 ± 78,82	0,446
Frecuencia de respiración ajustada (rpm)	16,27 ± 4,02	16,85 ± 4,12	0,342

relatados por Kalmar et al. La diferencia puede ser debida a que nuestro estudio clínico sea relativamente mayor, con 53 pacientes sometidos a procedimientos de PR en una posición de Trendelenburg profunda y PIA promedio alta de 18 mm Hg.

Las alteraciones de los parámetros respiratorios requieren grandes ajustes. Por tanto, los aumentos observados de la PET-CO₂ originados por la disminución del VT, que puede haber sido causada por la posición de Trendelenburg profunda y neumoperitoneo, fueron compensados por el aumento de la f y ventilación minuto para prevenir la acidosis respiratoria. Las presiones de meseta y pico, que rebasaron los límites normales debido tanto a la posición de Trendelenburg como al neumoperitoneo, fueron disminuidas con el aumento conservador de la f para evitar la generación de auto-PEEP. Las alteraciones de la presión intratorácica y los ajustes de la ventilación mecánica también podrían haber conducido a la generación de PEEP. Las presiones de meseta y pico altas observadas en nuestro grupo de estudio al final de las operaciones en posición supina pueden haber estado relacionadas con los esfuerzos espontáneos de respiración de los pacientes y/o posible neumoperitoneo residual. El principal desafío clínico en nuestro grupo de estudio fue la elección de la estrategia de ventilación para controlar la acidosis respiratoria, que se detecta por medio de PET-CO₂ y gasometría. Primero, el incremento de la f para aumentar la MVM, que redujo los valores de la PET-CO₂, fue necesario durante la posición de Trendelenburg con neumoperitoneo. Ese resultado muestra que el aumento de la PET-CO₂ no fue debido a la puntuación ASA mayor o a complicaciones pulmonares, sino al aumento del valor de PaCO₂ causado por el neumoperitoneo con CO₂. Segundo, la presión meseta (suma de la PEEP total y de la presión de conducción) fue monitorizada para no rebasar el límite de 35 mm Hg. En la posición de Trendelenburg profunda, los pacientes tienden a desarrollar auto-PEEP y presiones intratorácicas con presiones altas de las vías aéreas, lo que puede haber comprometido el VT debido a la PEEP excesiva o auto-PEEP y/o presión de conducción reducida. No sabemos si la PIA alta en posición de Trendelenburg profunda limita la presión de conducción con o sin presiones altas de las vías aéreas, lo que puede haber comprometido

el VT. Los efectos de la posición de Trendelenburg profunda y la PIA alta sobre la mecánica pulmonar también se desconocen. El VT fue ajustado para suministrar ventilación adecuada sin rebasar la presión de pico de las vías aéreas de 40 cm H₂O. Como el VT fue reducido en la posición de Trendelenburg profunda, se hizo un ajuste de la MVM usando la f. Para evitar o minimizar la auto-PEEP, la f fue ajustada para permitir la espiración completa, con una razón de inspiración-espiración (I/E) de 1/2.

La insuflación peritoneal induce alteraciones significativas en la hemodinámica^{10,11}. En nuestro estudio, el aumento de la PET-CO₂ puede haber sido causado por el uso de una gran cantidad de CO₂ total durante la insuflación antes de la desentubación y por la dificultad de inspiración y/o espiración. Mantener la PET-CO₂ entre 32,40 y 35,40 mm Hg resultó en valores de PaCO₂ de 33,23-41,60. Esos resultados muestran que las condiciones de los pacientes no tuvieron efectos negativos en la retirada de CO₂. Además, como una medida indirecta, no invasiva, la PET-CO₂ es un medio preciso de monitorización de la PaCO₂, y la posición de Trendelenburg profunda no disminuye su utilidad^{12,13}. En un estudio de PR, Kalmar et al. informaron de valores más elevados que los nuestros de CO₂ y PET-PaCO₂, con valores de PET-CO₂ entre 3,40 y 4,66 kPa, lo que resultó en una PaCO₂ entre 4,66 y 6,00 kPa⁷. No hubo alteraciones de la PET-CO₂, SpO₂, o respiración, porque la MVM fue aumentada mediante incremento de la f para proporcionar la retirada de CO₂, y el bloqueo neuromuscular fue revertido adecuadamente en este estudio. Aunque las presiones de meseta y pico fueron reducidas por el uso de la posición supina al final de las operaciones, esas presiones permanecieron elevadas durante los procedimientos. Sin embargo, las presiones alcanzaron los valores más elevados durante la posición de Trendelenburg profunda con neumoperitoneo.

Aunque un aumento de la presión arterial y un leve aumento de la FC estén asociados con la insuflación peritoneal, una caída del gasto cardíaco también fue descrita en la literatura, lo mismo si el paciente está posicionado de cabeza para abajo o para arriba^{12,14-16}. En nuestro estudio, y aunque la PAM se mantuvo sin alteraciones, la FC disminuyó de forma significativa, exigiendo intervención. Los valores de la PVC también quedaron por encima de los

límites normales. Esos valores elevados pueden deberse a la posición de Trendelenburg, porque volvieron a los valores iniciales al final de la operación. Aunque los efectos más evidentes de los procedimientos de PR en la FC, PAM y PVC en nuestro estudio se hayan dado justo después de que los pacientes fueron colocados en la posición de Trendelenburg con neumoperitoneo, esas medidas continuaron siendo afectadas en un menor grado hasta el posicionamiento en decúbito dorsal al final de los procedimientos. Las alteraciones más evidentes fueron observadas en la PVC. El lactato no aumentó; por tanto, no hubo indicación de que el metabolismo anaeróbico haya ocurrido o contribuido para la acidosis. En un estudio con 18 pacientes ASA-1, Torrielli et al. relataron que el aumento de la PIA (10 mm Hg) estuvo asociado con la reducción del índice cardíaco que volvió al valor inicial después de 10 min en posición de Trendelenburg a 10°. Los autores también informaron que la elevación de la PIA estuvo asociada con el aumento de la PAM y de la resistencia vascular sistémica, y que esos valores no volvieron a los valores normales después de la desuflación peritoneal¹⁴. En el presente estudio, observamos los efectos agudos de la posición de Trendelenburg con neumoperitoneo como un aumento de la PAM y la disminución de la FC, y ambos parámetros volvieron a los valores iniciales posteriormente. Kalmar et al. observaron resultados altos similares relacionados con el estado físico ASA⁷. Kordan et al. demostraron que la posición de Trendelenburg aumentó la PAM de forma significativa¹⁷. En el presente estudio, la PAM aumentó significativamente al inicio de la posición de Trendelenburg sin neumoperitoneo. Los incrementos de los valores de la PVC en la posición de Trendelenburg tanto profunda como a 5°, con y sin neumoperitoneo, y las reducciones de los valores de la PVC para los valores basales al final de la operación indican una estrecha relación entre los valores de la PVC y la posición de Trendelenburg aislada o con PIA.

Aunque las gasometrías hayan sido usadas para evaluar los problemas respiratorios y metabólicos en todos los tiempos medidos, la presencia de acidosis fue determinada como «pH < 7,35» y pH normal como «pH > 7,35» tomando como base los registros de las gasometrías al final de la operación (T₅). En este estudio, en todos los tiempos medidos, los tipos de acidosis diagnosticados eran respiratoria y metabólica. Los aumentos de VT ajustado y de f ajustada reflejaron el tratamiento de acidosis respiratoria durante la operación. Los problemas respiratorios determinados en el presente estudio incluyeron la reducción del pH arterial debido a la PaCO₂ alta, y el edema de las vías aéreas superiores y el edema lingual debido a la posición de Trendelenburg profunda y a la presión del balón de la sonda endotraqueal en la base de la lengua. La estrategia de control tuvo como foco evitar cualquier reducción adicional del pH, lo que puede agravar los parámetros gasométricos para pH de 7,20 y HCO₃ de 18 mmol/L. La normocapnia y el mantenimiento adecuados de la MVM fueron los principales objetivos de la monitorización gasométrica durante los procedimientos quirúrgicos y la evaluación de desentubación. Como la PaO₂ y SpO₂ no cayeron a valores críticos, ninguno de los pacientes en ambos grupos necesitó intervención adicional.

Pruthi et al. relataron un tiempo quirúrgico de 6,1 h para la cistoprostatectomía y un promedio de pérdida sanguínea de 313 mL³. El tiempo medio de cirugía relatado para el

caso de PR fue similar al nuestro. En un estudio sobre los requisitos para la transfusión en prostatectomías abiertas radicales por laparoscopia robótica, Kordan et al. demostraron que la PR se asoció con la menor pérdida de sangre y menos probabilidad de transfusión de hematocritos que en el grupo prostatectomía abierta¹⁷. En nuestro estudio, ninguno de los pacientes necesitó transfusiones.

En un estudio realizado por Bhandari et al., las complicaciones perioperatorias durante PR robótica incluyeron una complicación relacionada con la anestesia de un total de 16 complicaciones en 300 pacientes sometidos a PR¹. Quedó establecido que la posición de Trendelenburg profunda puede causar una disminución de la capacidad residual funcional, del volumen pulmonar total y de la complacencia pulmonar, y que puede facilitar el desarrollo de atelectasia¹⁸. En nuestro estudio, las complicaciones más frecuentes relacionadas con la posición y la anestesia fueron el edema conjuntival, regurgitación y síntomas clínicos «similares a la obstrucción de las vías aéreas» que podrían empeorar la acidosis respiratoria. Phong y Koh relataron signos clínicos de edema de las vías respiratorias superiores por medio de una reducción del flujo venoso de la cabeza provocada por el neumoperitoneo durante posición de Trendelenburg profunda prolongada⁸. Observamos lenguas ensanchadas y despigmentadas edematosas; ronquidos; inspiración ruidosa; dificultad inspiratoria; retracciones de narinas, supraclaviculares e intercostales cuando los pacientes se despertaron y fueron desentubados. La presión del balón endotraqueal en la base de la lengua puede causar y empeorar el edema de la lengua, impidiendo el drenaje linfático y venoso de la lengua. El uso de la posición de la cabeza en la vertical antes de la desentubación, de diuréticos cuando es necesario y la desentubación en sí, mejoraron esos síntomas. Nuestros criterios para el alta del quirófano, además de la puntuación de Alderete, incluyen la mejoría de los signos de las vías aéreas superiores y de los síntomas. Las complicaciones a causa de la posición de Trendelenburg profunda y/o neumoperitoneo se limitaron al quirófano para la mayoría de los pacientes; la mayor parte de ellos no presentó ninguna necesidad de ingreso en UCI. En un estudio de complicaciones perioperatorias durante PR, Bhandari et al. relataron una tasa de complicación global de un 5,3% y una tasa para complicación grave inferior al 2% en su serie de casos, usando el método de Clavient et al.^{1,19}. En este estudio, las complicaciones neurológicas fueron raras y temporales y se registraron al primer día del postoperatorio en enfermería. La única complicación neurológica observada en este estudio fue una neuropraxia sensorial y motora unilateral temporal en el brazo derecho, observada el primer día del postoperatorio y que duró 3 días, similar a una complicación observada en el estudio de Yee et al.²⁰. La arritmia puede ser inducida por varias causas en pacientes sometidos a laparoscopia. En nuestro estudio, la bradicardia fue la responsable de la mayor parte de los casos de arritmia durante los procedimientos de PR, y esas complicaciones se dieron inmediatamente después de que los pacientes fuesen colocados en la posición de Trendelenburg y/o inmediatamente antes del procedimiento quirúrgico. Interpretamos ese tiempo como una indicación de que la arritmia resultó de la posición de Trendelenburg y/o de los reflejos inducidos por el estiramiento súbito del neumoperitoneo, que puede haber causado un aumento de la función vagal. Además,

la infusión de remifentanilo puede tener un papel en la bradicardia en esos casos. Sin embargo, la bradicardia no fue observada durante las infusiones de remifentanilo en ningún otro momento de los procedimientos quirúrgicos.

El principal objetivo del presente estudio fue describir los desafíos anestésicos relacionados con la PIA alta y con la posición de Trendelenburg profunda en pacientes sometidos a PR. Sin embargo, la PIA alta usada en el estudio puede ser la responsable de varias complicaciones además de la posición de Trendelenburg profunda. En estudios con animales, las presiones intraperitoneales > 20 mm Hg trajeron como resultado un colapso venoso intraabdominal, lo que ocurrió en niveles más bajos de presión intraperitoneal en presencia de hipovolemia²¹. Por tanto, la variación relativa de la presión intraperitoneal y periférica puede ser el principal determinante de los movimientos de la pared vascular responsable del colapso y aberturas venosas, y podrían existir situaciones que facilitaran la embolización gaseosa. El aumento de la presión intraperitoneal puede reducir el riesgo de embolia gaseosa, pero también podría causar inestabilidad hemodinámica y respiratoria en esa posición. Por tanto, el reto para los médicos es obtener una presión intraperitoneal ideal de equilibrio entre los riesgos de embolia gaseosa e inestabilidad hemodinámica y respiratoria durante la prostatectomía radical laparoscópica.

Debemos aclarar que el uso de una PIA más baja, con seguridad podría desencadenar complicaciones anestésicas menos graves, como acidosis respiratoria, trastornos metabólicos ácido-básicos, problemas de control de líquidos, síntomas clínicos «similares a la obstrucción de las vías aéreas superiores», mantenimiento de la normocapnia y oferta de MVM adecuada. Esos problemas respiratorios pueden causar una reducción del pH arterial y requieren una atención especial para evitar el empeoramiento de la acidosis, lo que evitaría un deterioro metabólico mucho mayor. En el tratamiento de esos casos, los medicamentos y ajustes ventilatorios deben ser controlados con cuidado. Es imprescindible monitorizar los regímenes de infusión de líquidos (para controlar la acidosis metabólica), y la gasometría y PET-CO₂ para mantener la normocapnia y MVM adecuada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Bhandari A, McIntire L, Kaul SA, et al. Perioperative complications of robotic radical prostatectomy after the learning curve. *J Urol.* 2005;174:915–8.
- Raboy A, Ferzli G, Albert P. Initial experience with extraperitoneal endoscopic radical retropubic prostatectomy. *Urology.* 1997;50:849–53.
- 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.
- Sandlin D. Robotic assisted prostatectomy. *J Perianesth Nurs.* 2004;19:114–6.
- Menon M, Hemal AK, Tewari A, et al. Nerve-sparing robot-assisted radical cystoprostatectomy and urinary diversion. *BJU Int.* 2003;92:232–6.
- Goodale RL, Beebe DS, McNeven MP, et al. Hemodynamic, respiratory, and metabolic effects of laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg.* 1993;166:533–7.
- Kalmar AF, Foubert L, Hendrickx JF, et al. Influence of steep Trendelenburg position and CO₂ pneumoperitoneum on cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory homeostasis during robotic prostatectomy. *Br J Anaesth.* 2010;104:433–9.
- Phong SV, Koh LK. Anaesthesia for robotic-assisted radical prostatectomy: considerations for laparoscopy in the Trendelenburg position. *Anaesth Intensive Care.* 2007;35:281–5.
- Cunningham AJ, Brull SJ. Laparoscopic cholecystectomy: anesthetic implications. *Anesth Analg.* 1993;76:1120–33.
- Struthers AD, Cuschieri A. Cardiovascular consequences of laparoscopic surgery. *Lancet.* 1998;352:568–70.
- Koivusalo AM, Lindgren L. Effects of carbon dioxide pneumoperitoneum for laparoscopic cholecystectomy. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2000;44:834–41.
- Hirvonen EA, Nuutinen LS, Kauko M. Hemodynamic changes due to Trendelenburg positioning and pneumoperitoneum during laparoscopic hysterectomy. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1995;39:949–55.
- 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.
- 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 [artículo en francés].
- Walder AD, Aitkenhead AR. Role of vasopressin in the haemodynamic response to laparoscopic cholecystectomy. *Br J Anaesth.* 1997;78:264–6.
- 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.
- 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.
- Hazebroek EJ, Bonjer HJ. Effect of patient position on cardiovascular and pulmonary function. En: Whelan RL, Fleshman JW, Fowler DL, editores. *The Sages manual of perioperative care in minimally invasive surgery.* New York: Springer; 2006. p. 410–7.
- Clavien PA, Sanabria JR, Strasberg SM. Proposed classification of complications of surgery with examples of utility in cholecystectomy. *Surgery.* 1992;111:518–26.
- 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.
- Bazin JE, Gillart T, Rassin P, et al. Haemodynamic conditions enhancing gas embolism after venous injury during laparoscopy: a study in pigs. *Br J Anaesth.* 1997;78:570–5.