



ARTÍCULO CIENTÍFICO

Consideraciones anestésicas para la cistectomía robótica: 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 Entrenamiento e Investigación Ataturk, Ankara, Turquía

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

Recibido el 30 de julio de 2013; aceptado el 2 de septiembre de 2013

Disponible en Internet el 6 de abril de 2014

PALABRAS CLAVE

Cistectomía robótica;
Anestesia;
Anestesiólogo

Resumen

Antecedentes y objetivos: la cistectomía robótica se ha convertido rápidamente en parte del repertorio quirúrgico de rutina para el tratamiento del cáncer de próstata. Nuestro objetivo ha sido describir los retos respiratorios y hemodinámicos, junto con las complicaciones observadas en pacientes sometidos a cistectomía robótica.

Pacientes: dieciséis pacientes tratados con cistectomía robótica entre diciembre de 2009 y enero de 2011 se reclutaron de forma prospectiva. Las medidas de resultado primario fueron la monitorización no invasiva, la monitorización invasiva y la gasometría sanguínea realizada en las posiciones supina (T_0), Trendelenburg (T_1), Trendelenburg + neumoperitoneo (T_2), Trendelenburg antes del desinflado (T_3), Trendelenburg después del desinflado (T_4), y supina (T_5). **Resultados:** hubo diferencias significativas entre T_0 - T_1 y T_0 - T_2 con frecuencias cardíacas más bajas. El valor medio para la presión arterial en T_1 fue significativamente más bajo que en T_0 . El valor de la presión venosa central fue significativamente más elevado en T_1 , T_2 , T_3 , y T_4 versus T_0 . No se observó diferencia significativa en el valor de PET- CO_2 en ningún momento en comparación con T_0 . Tampoco se encontraron nunca diferencias significativas en la frecuencia respiratoria en comparación con T_0 . Los valores medios de f en T_3 , T_4 , y T_5 fueron significativamente más elevados versus T_0 . La ventilación minuto promedio en T_4 y T_5 fue significativamente más elevada versus T_0 . Las presiones de meseta y de pico promedios en T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , y T_5 fueron significativamente más elevadas versus T_0 .

Conclusiones: aunque la mayoría de los pacientes generalmente tolere satisfactoriamente la cistectomía robótica y se dé cuenta de los beneficios, los anestesiólogos deben tener en cuenta los cambios que ocurren en el sistema cardiopulmonar cuando los pacientes se ponen en la posición de Trendelenburg, y al ser creado un neumoperitoneo.

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

☆ El estudio fue realizado en el Departamento de Anestesiología y Reanimación del Hospital de Entrenamiento e Investigación Ataturk, Ankara.

☆☆ Presentado en el Congreso de Euroanestesia, París, Francia entre los días 9 y 12 de junio de 2012.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: menekseoksar@gmail.com (M. Oksar).

Introducción

La cistectomía radical continúa siendo el estándar de referencia para el tratamiento del cáncer de vejiga. Desde la introducción de la laparoscopia se ha notado mucho más interés en las aplicaciones urológicas. Los beneficios de la mínima invasividad de los abordajes laparoscópicos quedaron demostrados con la menor duración de la estancia hospitalaria, la pérdida sanguínea intraoperatoria, el dolor postoperatorio y la recuperación. Desde que Sanchez de Badajoz et al. describieron en 1995 el primer caso de cistectomía radical laparoscópica para el cáncer de vejiga con invasión muscular, varios autores publicaron resultados prometedores con el uso de esa técnica^{1,2}. El interés en la robótica está indudablemente relacionado con los beneficios percibidos.

La búsqueda de técnicas mínimamente invasivas para el tratamiento de neoplasias uroteliales ha llevado al desarrollo de la cistectomía robótica (CR)³. La CR ofrece una cirugía con menor morbilidad y con un control oncológico potencialmente equivalente, imágenes y manipulación del área quirúrgica en niveles satisfactorios y una menor pérdida sanguínea, en comparación con los procedimientos abiertos^{4,5}. Pero los procedimientos de CR también están asociados con algunos inconvenientes. Esos obstáculos, como la dificultad de acceso intravenoso a causa de la posición de los brazos a los lados del cuerpo para que los brazos robóticos puedan abordar al paciente durante la operación, un tiempo quirúrgico relativamente largo, una posición de Trendelenburg profunda y una presión intraabdominal (PIA) elevada, pueden acarrear problemas clínicos como la acidosis respiratoria y las complicaciones relacionadas con la anestesia y con la posición, que deben ser resueltos en quirófano.

La CR se ha integrado con rapidez al repertorio quirúrgico de rutina para el tratamiento del cáncer de próstata. En este estudio, cuyo primer objetivo fue la descripción de los retos anestésicos vinculados a la elevada PIA causada por la insuflación de CO₂ y la posición de Trendelenburg profunda, se objetivó la resolución de esos retos en pacientes sometidos a CR. El segundo objetivo del estudio fue la descripción de los criterios para que el paciente tenga todas las garantías en el quirófano.

Métodos

Modelo de estudio

Obtuvimos la aprobación del comité de ética local de nuestra institución y el consentimiento informado por escrito de cada paciente involucrado en el estudio. Dieciséis pacientes consecutivos, tratados con CR entre diciembre de 2009 y enero de 2011, fueron reclutados prospectivamente en el estudio. En nuestra institución, 69 pacientes fueron tratados con cirugías urológicas robóticas durante ese período (16 CR, 53 prostatectomías robóticas).

Realizamos monitorización no invasiva (ECG, oximetría de pulso, temperatura corporal y parámetros respiratorios), monitorización invasiva (medias de presiones arterial y venosa central y parámetros ventilatorios) (monitor para pacientes Infinity Delta, Draeger Medical Systems, Inc., Telford, PA 18969, EE. UU.) y gasometría sanguínea en

las posiciones supina (T₀), Trendelenburg (T₁), Trendelenburg + neumoperitoneo (T₂), Trendelenburg antes del desinflado (T₃), Trendelenburg de 5° + neumoperitoneo (T₄), y supina (T₅).

Tras la inducción anestésica con pentobarbital 4-7 mg/kg y rocuronio 0,6 mg/kg y se procedió a la intubación endotraqueal. La anestesia se mantuvo con remifentanilo (50 mcg/mL) 1 mcg/kg/min en una infusión de 0,1 mcg/kg/min y con sevoflurano al 2% con bolos adicionales de rocuronio conforme a la necesidad. Los pulmones de cada paciente fueron ventilados en modo de ventilación con el control de volumen usando oxígeno al 50% en aire con un volumen corriente (VC) y/o con una frecuencia respiratoria (f) ajustada para la obtención de una presión de dióxido de carbono corriente final (PET-CO₂) del 25-30%, con monitorización por informes de gases sanguíneos para verificación, paralelamente, a su adecuación. La fluidoterapia fue considerada en 2 intervalos: antes y después de la anastomosis uretral. Hubo una restricción relativa de líquido antes de la anastomosis uretral en casos de neovejiga ileal ortotópica del grupo CR. El segundo intervalo consistió en una tasa de infusión más elevada, alcanzando hasta 2-3 mL/kg/h de la cantidad de líquido total a lo largo de toda la operación.

Un catéter arterial se insertó en la arteria radial izquierda, siendo efectuada la cateterización venosa central a través de la vena yugular interna derecha, con el objetivo de medir la presión venosa central (PVC). La PVC se llevó hasta cero y la medida en la línea axilar media al nivel del cuarto espacio intercostal en la posición supina. El acceso intravenoso periférico y el acceso arterial fueron estirados a través de las líneas para el funcionamiento, visto que los miembros superiores no podían ser abordados porque estaban a lo largo del cuerpo del paciente. Se administró ondansetrón 4 mg por vía intravenosa y se insertó un tubo orogástrico con el paciente en posición supina para preservar la vía aérea del contenido gástrico y para su apropiado drenaje durante la posición de Trendelenburg profunda. Se usaron cojines de silicona para apoyar los hombros, evitando así una lesión en el plexo braquial a causa de la posición. Además de los miembros, el cuerpo del paciente quedaba sujeto a la mesa de cirugía usando cinturones torácicos y permitiendo una expansión apropiada durante la ventilación. La presión intraperitoneal se ajustó en 18 mmHg. Se aseguró la protección cerebral con la administración de fosfato sódico de dexametasona 8 mg al inicio de la operación.

Durante la desentubación, los pacientes se reposicionaron para posición de Trendelenburg revertida, y se administró un diurético para disminuir el edema en las vías aéreas superiores (tal vez causado por la posición de Trendelenburg profunda), que podría empeorar la acidosis respiratoria inmediatamente después de la desentubación. La desentubación era aprobada después de que un análisis de los gases sanguíneos hubiese confirmado la normocapnia durante la respiración espontánea mínimamente asistida y durante la respiración espontánea de 10 L/min de ventilación en el promedio, en la ausencia o frente a la reducción de los edemas conjuntival, de las vías aéreas superiores y lingual, con reversión del bloqueo neuromuscular a una temperatura corporal $\geq 35^{\circ}\text{C}$.

La desentubación segura fue realizada en quirófano, a tono con nuestros criterios de alta del paciente, y fue adecuadamente controlada en casos de CR, conforme a lo

Tabla 1 Lista de verificación integrada para que los pacientes tratados por cistectomía robótica tengan una desentubación/alta del quirófano/sala de recuperación con seguridad

Antes de la desentubación

Respiración adecuada
 Reversión del bloqueo neuromuscular
 Ausencia o mejoría de la hiperemia en cabeza y cuello
 Ausencia o mejoría de la acidosis respiratoria
 Ausencia o mejoría del edema lingual
 Ausencia o mejoría de la hinchazón y/o aspecto blanco y gris de la lengua
 Ausencia o mejoría del edema de conjuntiva
 Normocapnia en la gasometría sanguínea y 10 L/min de VMP en el promedio durante la ventilación espontánea

Después de la desentubación en quirófano

Ausencia de ronquido durante la inspiración o espiración (o cuando el paciente está despierto, sin signos de haber estado afectado por el bloqueo neuromuscular)
 Sin inspiración ruidosa (cuando el paciente está despierto) y sin signos de que el paciente fue afectado por el bloqueo neuromuscular
 Sin dificultad o angustia inspiratoria (retracción intercostal, retracción supraclavicular, o retracción de las aletas nasales durante la inspiración)

VMP: ventilación minuto promedio.

indicado en la [tabla 1](#). Posibles 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 pH arterial en T₅, como pertenecientes a las clases de pH < 7,35 y de pH > 7,35, con el fin de determinar los tipos de acidosis detectados en el intraoperatorio.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron usando el IBM *Statistical Package for Social Sciences* 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Se aplicó la prueba de la *t* para muestras pareadas para evaluar las diferencias entre grupos. También se hizo el test del χ^2 para la comparación de las variables nominales.

Resultados

En este estudio registramos las tendencias de los parámetros circulatorios, respiratorios y metabólicos durante 16 procedimientos de CR y analizamos los efectos de la posición de Trendelenburg y del neumoperitoneo en esos parámetros.

Dieciséis pacientes de CR (una mujer y 15 hombres) participaron en el estudio. Edad media = 66,45 ± 12,73 años; índice de masa corporal = 24,20 ± 3,62; índice metabólico basal = -24,20 ± 3,62; y puntuación de la *American Society of Anesthesiologists* = 2,30 ± 0,82 para el grupo en estudio. Con relación a las variables quirúrgicas, obtuvimos: tiempo quirúrgico = 475 ± 99,50 min; tiempo de Trendelenburg = 512,86 ± 105,82 min; pérdida sanguínea = 240,00 ± 54,77 mL; líquidos totales administrados

= 2.533,33 ± 864,58 mL. Se administró NaHCO₃ en un 100% de los pacientes y atropina en un 87,5%.

La [tabla 2](#) enumera las diferencias entre el valor T₀ y los valores T₁, T₂, T₃, T₄ y T₅ para los datos hemodinámicos y respiratorios y para los ajustes ventilatorios. Se observaron diferencias significativas entre T₀-T₁ (p = 0,023) y T₀-T₂ (p = 0,018) con frecuencias cardíacas más bajas. El valor de la presión arterial media (PAM) en T₁ fue significativamente más bajo versus T₀ (p = 0,023). El valor de la PVC fue significativamente más elevado en T₁, T₂, T₃ y T₄ versus T₀ (p = 0,020; p = 0,0001; p = 0,0001; p = 0,012 respectivamente). No se observó ninguna diferencia significativa en la PET-CO₂ en ningún momento en comparación con T₀. No hubo diferencias significativas en la frecuencia respiratoria en ningún punto temporal en comparación con T₀. Los valores promedios de *f* en T₃, T₄ y T₅ fueron significativamente más elevados versus T₀ (p = 0,009; p = 0,001; p = 0,0001 respectivamente). La ventilación minuto promedio (VMP) en T₄ y T₅ fue significativamente más elevada versus T₀ (p = 0,011; p = 0,009 respectivamente). Las presiones promedio de meseta y de pico en T₁, T₂, T₃, T₄ y T₅ fueron significativamente más elevadas versus T₀ (p = 0,018; p = 0,0001; p = 0,0001; p = 0,025 respectivamente). No fue observada ninguna diferencia significativa en los valores para SpO₂ y para la presión positiva al final de la espiración (PEFP) en ningún momento en comparación con T₀ (p > 0,05).

Los pacientes con pH < 7,35 mostraron niveles de PaCO₂ significativamente más elevados en comparación con pacientes con un pH > 7,35 en T₅ (p = 0,003). Los niveles de lactato en pacientes con pH < 7,35 estaban significativamente más bajos versus pacientes con pH > 7,35 en T₅ (p = 0,002). Los niveles de EB y HCO₃ en T₅ no tuvieron diferencias significativas entre pacientes con pH < 7,35 en T₅ y pacientes con pH > 7,35 en T₅ (p = 0,170; y p = 0,340 respectivamente) ([tabla 3](#)). Tampoco se observaron diferencias significativas en el volumen corriente ajustado o en la frecuencia respiratoria ajustada en ningún momento durante la operación entre pacientes con pH < 7,35 y aquellos con pH > 7,35 ([tabla 4](#)).

Las complicaciones quirúrgicas observadas fueron artralgia y lesión en los dedos (6,3%), regurgitación (6,3%), inspiración ruidosa (6,3%), edema de cabeza y cuello (12,5%), arritmia (bradicardia) (18,8%), necesidad de UCI (31,3%) y edema de conjuntiva (43,8%).

Discusión

En los últimos años, el abordaje robótico mínimamente invasivo ha alcanzado una posición en la vanguardia de la atención de los estudiosos para muchas neoplasias urológicas, inclusive la CR para el cáncer de vejiga invasivo. El robot quirúrgico fue sometido a una gran comercialización durante la última década, con la promesa de reducir la morbilidad perioperatoria y de mejorar los resultados oncológicos y funcionales en muchas regiones del organismo^{6,7}. Aunque es esencial que los anestesiólogos sean plenamente conscientes de los retos provenientes de una posición de Trendelenburg profunda y de una PIA elevada en esa posición con el uso de esa nueva tecnología y, además de eso, estar preparados para enfrentar tales desafíos, todavía son pocos

Tabla 2 Datos hemodinámicos y respiratorios, y ajustes respiratorios en la cistectomía robótica

Variables	Cistectomía robótica				
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Frecuencia cardíaca promedio (T ₀)	54,43 (68,71)	66 (79,80)	75,60 (77,60)	71,31 (77,31)	77,08 (76,31)
	p (T ₀ -T ₁)=0,023*	p (T ₀ -T ₂)=0,018*	p (T ₀ -T ₃)=0,771	p (T ₀ -T ₄)=0,338	p (T ₀ -T ₅)=0,903
Presión arterial promedio (T ₀)	71,29 (89,57)	99,47 (95,80)	86,50 (92,70)	89,23 (90,38)	88,46 (88,77)
	p (T ₀ -T ₁)=0,049*	p (T ₀ -T ₂)=0,612	p (T ₀ -T ₃)=0,562	p (T ₀ -T ₄)=0,838	p (T ₀ -T ₅)=0,956
Presión venosa central (T ₀)	13,33 (3,50)	18,38 (7,62)	17,89 (7,33)	12,50 (7,50)	9 (7,82)
	p (T ₀ -T ₁)=0,020*	p (T ₀ -T ₂)=0,000*	p (T ₀ -T ₃)=0,000*	p (T ₀ -T ₄)=0,012*	p (T ₀ -T ₅)=0,490
PET-CO ₂ (T ₀)	28,38 (29,63)	32,62 (32,38)	33,22 (32,11)	34,85 (31,69)	35,77 (32,23)
	p (T ₀ -T ₁)=0,311	p (T ₀ -T ₂)=0,929	p (T ₀ -T ₃)=0,707	p (T ₀ -T ₄)=0,084	p (T ₀ -T ₅)=0,251
SpO ₂ (T ₀)	99 (98,83)	99,36 (99,57)	99,60 (99,60)	99,83 (99,17)	99,85 (99,69)
	p (T ₀ -T ₁)=0,771	p (T ₀ -T ₂)=0,736	p (T ₀ -T ₃)=1,000	p (T ₀ -T ₄)=0,104	p (T ₀ -T ₅)=0,824
Respiración (T ₀)	14,83 (19,83)	16,92 (18,08)	15,63 (18,38)	15,64 (20,82)	17,18 (18,45)
	p (T ₀ -T ₁)=0,216	p (T ₀ -T ₂)=0,655	p (T ₀ -T ₃)=0,367	p (T ₀ -T ₄)=0,104	p (T ₀ -T ₅)=0,672
f ajustada (T ₀)	12 (12)	12,60 (12)	14,33 (12)	15,69 (12)	18,45 (12)
	p (T ₀ -T ₁)=1,000	p (T ₀ -T ₂)=0,070	p (T ₀ -T ₃)=0,009*	p (T ₀ -T ₄)=0,001*	p (T ₀ -T ₅)=0,000*
VC ajustado (T ₀)	550 (550)	550 (556,67)	560 (570)	558,46 (557,69)	561,82 (568,18)
	p (T ₀ -T ₁)=1,000	p (T ₀ -T ₂)=0,106	p (T ₀ -T ₃)=0,343	p (T ₀ -T ₄)=0,893	p (T ₀ -T ₅)=0,586
Ventilación minuto (T ₀)	6,15 (6,18)	6,33 (6,14)	6,71 (6,26)	7,78 (6,22)	8 (6,09)
	p (T ₀ -T ₁)=0,865	p (T ₀ -T ₂)=0,327	p (T ₀ -T ₃)=0,440	p (T ₀ -T ₄)=0,011*	p (T ₀ -T ₅)=0,009*
Auto-PEEP (T ₀)	1,83(1,83)	1,36 (1,43)	1,50 (1,40)	1,46 (1,46)	1 (1,20)
	p (T ₀ -T ₁)=1,000	p (T ₀ -T ₂)=0,583	p (T ₀ -T ₃)=0,678	p (T ₀ -T ₄)=1,000	p (T ₀ -T ₅)=0,168
Presión de meseta (T ₀)	23,33 (13,67)	27,86 (12,43)	32,44 (12,67)	25,42 (12,83)	18,36 (12,45)
	p (T ₀ -T ₁)=0,018*	p (T ₀ -T ₂)=0,000*	p (T ₀ -T ₃)=0,000*	p (T ₀ -T ₄)=0,000*	p (T ₀ -T ₅)=0,025*
Presión de pico (T ₀)	27,33 (16,33)	30 (14,71)	34,56 (14,67)	29 (15,25)	23,10 (14)
	p (T ₀ -T ₁)=0,003*	p (T ₀ -T ₂)=0,000*	p (T ₀ -T ₃)=0,000*	p (T ₀ -T ₄)=0,000*	p (T ₀ -T ₅)=0,009*

f ajustada: frecuencia respiratoria ajustada; PET-CO₂: presión de dióxido de carbono corriente final; SpO₂: saturación del oxígeno periférico; VC ajustado: volumen corriente ajustado.

* p < 0,05.

Tabla 3 Determinantes de la acidosis con base en informes de gases sanguíneos arteriales, para las clases de pH < 7,35 y pH > 7,35 en T₅

Determinantes	pH < 7,35 a T ₅	pH > 7,35 a T ₅	Valor de p
PaCO ₂	47,91 ± 5,31	29,63 ± 3,78	0,003
Exceso de base	-5,46 ± 2,81	-6,7 ± 2,88	0,170
Lactato	4 ± 1,41	9 ± 1,41	0,002
HCO ₃	18,65 ± 1,55	19,07 ± 2,18	0,340

los datos que reportan los obstáculos anestésicos vinculados con la CR.

Hay 2 formas de ventilar al paciente durante la CR: mediante ventilación con presión controlada o mediante volumen controlado. Los 2 métodos compensan los efectos del neumoperitoneo y de las posiciones anormales, manteniendo la mecánica respiratoria y hemodinámica del paciente dentro de un rango normal. Balick-Weber

Tabla 4 Cambios intraoperatorios en el volumen corriente ajustado y en la frecuencia respiratoria ajustada en las clases de pH ≥ 7,35 y pH < 7,35 en T₅

	pH < 7,35 en T ₅	pH ≥ 7,35 en T ₅	Valor de p
Volumen corriente ajustado	466,14 ± 120,59	543,88 ± 84,17	0,064
Frecuencia respiratoria ajustada	17,00 ± 5,19	17,64 ± 2,06	0,246

et al. investigaron los efectos de la ventilación con presión controlada versus volumen controlado y demostraron que no existe ningún beneficio hemodinámico de un método con relación al otro durante una prostatectomía abierta. Sin embargo, la ventilación con presión controlada redujo la presión de pico y aumentó la presión promedio en las vías aéreas durante el procedimiento⁸. Ese estudio fue repetido por Choi et al.⁹ Esos autores informaron que la ventilación con presión controlada no presenta ventajas con relación a la ventilación con volumen controlado en lo concerniente a la mecánica respiratoria o a la hemodinámica, excepto por su mejor cumplimiento y más baja presión aérea de pico. En ese estudio, la aparición de hipoxemia durante la posición de Trendelenburg profunda con neumoperitoneo estaba relacionada con el aumento de la ventilación del espacio muerto. Los cambios en los parámetros respiratorios, que no son bien tolerados por los pacientes, necesitan ajustes. Así,, los aumentos observados en la PET-CO₂ fueron compensados por incrementos en la f y en la VMP, para disminuir o prevenir la acidosis respiratoria. Igualmente, se redujeron las presiones de meseta y de pico con el aumento de f, para evitar la generación de auto-PEEP. En el presente estudio se necesitó aumentar la frecuencia respiratoria para incrementar la VMP durante la posición de Trendelenburg con neumoperitoneo. Además, la presión de meseta se monitorizó para evitar que se rebasase el límite de 35 mmHg. En la posición de Trendelenburg profunda, los pacientes tendían a hacer auto-PEEP con generación de elevadas presiones intratorácicas, lo que puede haber comprometido el VC por medio de la auto-PEEP y/o una presión motriz reducida. Sin embargo, no sabemos si una PIA elevada en una posición de Trendelenburg profunda estableció limitaciones en la presión motriz, lo que podría haber comprometido el

VC. Tampoco conocemos los efectos de una posición de Trendelenburg profunda y de una PIA elevada, de 18 mmHg en la mecánica pulmonar. Por tanto, el principal reto clínico en el presente estudio fue la elección de la estrategia de ventilación para el tratamiento de la acidosis respiratoria. El VC fue ajustado para proporcionar una ventilación adecuada sin que se excediese una presión pico de 40 cm H₂O en las vías aéreas. Considerando la reducción del VC en la posición de Trendelenburg profunda, se necesitó un ajuste para VMP usando *f*. Para que fuese evitada o minimizada la auto-PEEP, la frecuencia respiratoria fue ajustada para posibilitar una espiración completa, con una relación inspiración/espiración (I/E) = 1/2. La acidosis respiratoria fue todavía más minimizada mediante la reducción del espacio muerto alveolar, según necesidad. Kalmar et al. ventilaron los pulmones en modo de control de volumen con una mezcla de O₂/aire y PEEP = 5 cm H₂O. El VC fue ajustado para alcanzar un gradiente de PET-CO₂ entre 30 y 35 mmHg. El gradiente de PET-CO₂ aumentó de 7,95 mmHg antes de la posición de Trendelenburg hasta 10,95 mmHg después de 120 min de una Trendelenburg profunda. Fue observada una gran correlación entre PET-CO₂ y PaCO₂¹⁰. En nuestro estudio, el aumento de PET-CO₂ puede haber surgido del uso de un gran volumen de CO₂ total durante la insuflación antes de la desentubación; también puede haberse debido a dificultades en la inspiración y/o espiración. Además, por ser una medida indirecta y no invasiva de PaCO₂, la PET-CO₂ es una forma precisa de monitorizar esa variable, y la posición de Trendelenburg profunda no reduce su utilidad.

Recurrimos al neumoperitoneo en casos laparoscópicos para una visualización adecuada del campo quirúrgico. Normalmente, las presiones se ubican en la franja de los 12–15 mmHg y CO₂ es el gas utilizado más a menudo aunque otros gases hayan sido objeto de estudio. El neumoperitoneo tiene efectos profundos en los sistemas cardíaco, renal, pulmonar e inmune. Los efectos del neumoperitoneo se atribuyen a 2 factores: la propia PIA y la acción del CO₂ como un fármaco. La insuflación peritoneal hasta PIA superiores a 10 mmHg induce alteraciones significativas en la hemodinámica^{11,12}. Meininger et al. estudiaron los efectos cardiopulmonares en una situación de posición de Trendelenburg profunda, específicamente relacionados con procedimientos urológicos robóticos^{13,14}. La VMP fue ajustada de acuerdo con los análisis repetidos de los gases sanguíneos, para que no hubiese hipercapnia. Una presión de CO₂ arterial significativamente elevada, incluso después de que acabó el neumoperitoneo, se atribuye a los considerables volúmenes del gas posiblemente almacenados en compartimentos extravasculares del cuerpo, que son lentamente redistribuidos y metabolizados o espirados¹⁵. Aunque un aumento en la presión arterial y una FC inalterada o ligeramente aumentada estén asociados con esas condiciones, fue descrita una caída en el gasto cardíaco durante la insuflación peritoneal, y no importaba si el paciente estaba cabeza abajo o arriba^{16–18}. Torrielli et al. informaron que un aumento de la PIA a 10 mmHg estaba asociado con la disminución en el índice cardíaco, que volvió a su valor inicial después de 10 min de una posición de Trendelenburg de 10°. Esos autores también informaron que la PIA elevada estaba asociada a aumentos en la PAM y a la resistencia vascular sistémica, y esos valores no retornaron a la normalidad después del desinflado peritoneal¹⁶.

Falabella et al. demostraron que la posición de Trendelenburg aumentó el volumen sistólico y el neumoperitoneo, y que una posición de Trendelenburg profunda aumenta significativamente la PAM¹⁹. En el presente estudio, mientras que la PAM aumentó significativamente al inicio de la posición de Trendelenburg con el neumoperitoneo, la PVC aumentó a lo largo de todo el tiempo transcurrido en Trendelenburg. Los aumentos en los valores de PVC, tanto en la posición de Trendelenburg profunda como en una Trendelenburg de 5°, con o sin neumoperitoneo, y su reducción, con relación a los niveles iniciales al final de la operación en la posición supina, nos sugieren una íntima relación entre los valores de la PVC y la posición de Trendelenburg aisladamente o con PIA. Además, la FC se redujo significativamente, requiriendo intervención. Aunque los efectos hemodinámicos más evidentes de los procedimientos de CR en nuestro estudio hayan ocurrido inmediatamente después que los pacientes fuesen colocados en posición de Trendelenburg con neumoperitoneo, esas medidas continuaron afectadas (en un menor grado) hasta el final de los procedimientos.

Aunque los análisis de las gasometrías sanguíneas fuesen utilizados en la evaluación de problemas respiratorios y metabólicos, la presencia de acidosis fue determinada al final de la operación (T₅). Aumentos en el VC ajustado o en la *f* ajustada reflejaron el tratamiento de la acidosis respiratoria durante la operación, en los 2 niveles de pH. Aumentos significativos en los valores de *f* se interpretaron como demostrativos del mantenimiento de la VMP y PET-CO₂ y PaCO₂, que habían aumentado como resultado de la disminución del VC durante la posición de Trendelenburg, y en el neumoperitoneo con CO₂, habían disminuido. Los aumentos en el VC y/o *f* fueron el resultado de nuestros esfuerzos por mantener la VMP y de tratar la acidosis respiratoria. Aunque la acidosis respiratoria haya sido un problema en nuestro grupo de estudio, la acidosis metabólica tuvo un efecto significativo en los valores del pH, necesitando corrección (que se hizo con infusiones de NaHCO₃). La normocapnia y el mantenimiento de una VMP adecuada fueron los principales objetivos en la monitorización de los gases sanguíneos durante los procedimientos quirúrgicos y en la evaluación de la desentubación. Nuestros hallazgos sugieren que el análisis de las gasometrías sanguíneas fue necesario para la monitorización de los pacientes sometidos a CR. Considerando que PaO₂ y SpO₂ no se redujeron hasta alcanzar valores críticos, ninguno de los pacientes necesitó ninguna intervención adicional para mejorar su PaO₂. En el presente estudio, la acidosis metabólica, aisladamente, no alcanzó un nivel significativo; sin embargo, en combinación con la acidosis respiratoria, generó la caída en el pH hasta un nivel crítico, implicando la necesidad de un tratamiento oportuno y agresivo. Además, las reducciones en los valores del pH provinieron de eventos metabólicos que a su vez pueden ser debidos a los largos tiempos quirúrgicos, por ejemplo estrategias de fluidoterapia que se hicieron con dilución del NaHCO₃ en infusiones de gran volumen, y a los aumentos en las concentraciones del ion hidrógeno en el período de restricción de volumen, durante los procedimientos quirúrgicos demorados. La pérdida de HCO₃ también puede haber sido el resultado de la pérdida de parte del íleo para la formación de una bolsa de contención durante los procedimientos quirúrgicos. Ninguno de los pacientes en nuestro estudio tuvo hipotermia causada por la pérdida de calor como resultado

de las largas duraciones quirúrgicas o de la insuflación con el CO₂ frío, lo que podría haber aumentado la acidosis metabólica. El mayor uso del NaHCO₃ durante la cirugía en los casos de pH > 7,35 en T₅ muestra que, en nuestro estudio, la acidosis metabólica fue debidamente tratada.

Pruthi et al. informaron un tiempo quirúrgico de 6,1 h para cistoprostatectomías y una pérdida promedio de sangre de 313 mL³. Los mismos autores informaron un tiempo medio en quirófano de 4,6 h para todos los casos de cistectomía y una pérdida promedio de sangre de 271 mL durante la cirugía. Estudios anteriores han demostrado la existencia de una curva de aprendizaje significativa para el abordaje robótico, de tal forma que después de los primeros 20 casos puede percibirse una reducción gradual en los tiempos quirúrgicos^{20,21}. Lowrance et al.²² informaron un tiempo operatorio general de 287 min. En una comparación prospectiva de cistectomía abierta versus robótica, Ng et al. informaron un tiempo quirúrgico global medio de 5,95 h en la cohorte de cirugía abierta versus 6,25 h en el grupo de CRAR²³. Varios estudios han demostrado un aumento significativo en los tiempos quirúrgicos en asociación con el abordaje robótico, y una serie aleatorizada prospectiva anterior reveló una diferencia de 4,2 versus 3,5 h para el grupo robótico versus grupo abierto, respectivamente^{21,24}. Nuestros casos de CR tuvieron tiempos quirúrgicos más largos. En nuestra serie actual demostramos que el abordaje robótico tuvo un aumento significativo en los tiempos operatorios.

En un estudio sobre las necesidades de transfusión en pacientes de prostatectomía radical abierta y laparoscópica asistida por robótica, Kordan et al. demostraron que la cirugía robótica estaba asociada con menor pérdida de sangre y con una alteración menos expresiva en el hematocrito versus grupo de prostatectomía abierta²⁵. Se informó que una gran pérdida sanguínea y una mayor necesidad de transfusiones de sangre son predictores de mayor probabilidad de complicaciones en el íleo y de problemas postoperatorios en series de cistectomía abierta²⁶. Boström et al. estudiaron los factores de riesgo y la morbimortalidad vinculados a la cistectomía radical abierta, con el resultado de que una puntuación de la *American Society of Anesthesiologists* elevada y un mayor número de transfusiones eran predictores de una importante complicación²⁶. En un estudio de cistectomías radicales abiertas realizado por Lowrance et al., la pérdida de sangre promedio fue de 750 mL, y un 38% de los pacientes necesitaron transfusión sanguínea²⁰. En nuestro estudio, ninguno de los pacientes necesitó transfusión y nuestra baja pérdida de sangre durante la operación se compara favorablemente con nuestra experiencia en cirugías abiertas y en otros relatos en la literatura, siendo similar a la pérdida de sangre descrita en otros artículos sobre la CR.

Aunque no existe ninguna duda de que realmente hay complicaciones con el abordaje robótico, las vinculadas a la anestesia han sido menos comunes. Se ha establecido que una posición de Trendelenburg profunda puede causar reducciones en la capacidad residual funcional, en el volumen pulmonar total y en la distensibilidad pulmonar, pudiendo también facilitar la aparición de atelectasia²⁷. La hinchazón de la lengua puede haber sido originada por la posición de Trendelenburg o por la presión del manguito endotraqueal en la base de la lengua. La aplicación de la presión en la base de la lengua con un manguito de tubo endotraqueal también puede causar el edema lingual. El uso

de la posición con la cabeza hacia arriba antes de la desentubación, la administración de diuréticos cuando es necesario y la propia desentubación mejoraron esos síntomas. En el presente estudio, las complicaciones más frecuentemente relacionadas con la anestesia y con la posición fueron el edema de conjuntiva, la regurgitación y los síntomas clínicos «similares a los de la obstrucción de las vías aéreas superiores» (lengua edematosa, aumentada y gris, ronquidos, inspiración ruidosa, dificultad inspiratoria) que pueden acarrear acidosis respiratoria o empeorar esa condición. Nuestro criterio para el alta del paciente del quirófano/de la sala de recuperación fue la observación de algunas mejorías en esos signos y síntomas de las vías aéreas superiores. En su mayoría, las complicaciones documentadas en nuestro estudio pudieron ser tratadas con precauciones y medicaciones, sin ninguna necesidad de ingreso en la UCI. Yee et al. relataron la aparición de complicaciones neurológicas raras y temporales en el primer día del postoperatorio, que se mantuvieron 3 días. Sin embargo, en nuestro estudio, no se observaron complicaciones neurológicas graves²⁸. En pacientes sometidos a laparoscopia, la arritmia puede ser inducida por varias causas. En nuestro estudio, la bradicardia fue la responsable de la mayoría de los casos de arritmia y esas complicaciones se dieron inmediatamente después de la movilización de los pacientes a la posición de Trendelenburg y/o precedieron el procedimiento quirúrgico. Interpretamos esa situación temporal como un indicio de que la arritmia surgió de la posición de Trendelenburg y/o de los reflejos inducidos por la súbita distensión del neumoperitoneo, con un posible aumento en el tono vagal. Además, en esos casos la infusión de remifentanilo desempeña un cierto papel en la bradicardia. Pero la bradicardia no fue observada durante las infusiones de remifentanilo en ningún otro momento de los procedimientos quirúrgicos.

Durante el manejo de esos pacientes, recomendamos que la posición de Trendelenburg sea cuidadosamente implementada, para que se evite cualquier daño neurológico, artralgia o lesión digital. Los hombros y los pies deben quedar apoyados adecuadamente y el tórax debe estar fijo sin que su expansión quede comprometida durante la ventilación. Debemos evitar el edema cerebral; la acidosis respiratoria debe ser tratada de acuerdo con ETCO₂ que debe haber sido verificada paralelamente a la PaCO₂ durante el neumoperitoneo. En esos pacientes quirúrgicos debilitados, la acidosis metabólica, tal vez causada por la restricción de líquidos hasta el reemplazo del asa ileal por la neovejiga ortotópica, y también por la depleción de NaCO₃ proveniente de las pérdidas por el (y a través del) intestino debe ser identificada y tratada. La temperatura corporal debe ser monitorizada en esos procedimientos quirúrgicos relativamente largos, porque eso podrá afectar los eventos metabólicos. La cateterización arterial ayuda, pero un catéter de PVC no es algo esencial. Durante la desentubación puede ser necesaria la hiperventilación para que ocurra el cambio del mayor volumen de CO₂ en los pulmones como resultado de la recuperación del gasto cardíaco y de la reabsorción de CO₂ de los tejidos. La posición de la cabeza hacia arriba y la administración de diuréticos pueden proporcionar un alivio para las vías aéreas superiores y para el edema de cabeza y cuello, que a su vez, puede ayudar a lograr el éxito en la desentubación. Durante ese período, el uso de una lista de verificación, descrita en la [tabla 1](#), puede ayudar

a conseguir una desentubación segura, teniendo en cuenta los principales problemas en ese tipo de cirugía.

En general, la mayoría de los pacientes tolera bien la CR y reconoce sus beneficios; sin embargo, los anestesiólogos necesitan conocer profundamente las alteraciones fisiológicas asociadas a los procedimientos urológicos robóticos. Específicamente, esos profesionales necesitan tener en cuenta los cambios en el sistema cardiopulmonar que ocurren cuando los pacientes se ponen en la posición de Trendelenburg y cuando se genera el neumoperitoneo. El conocer esas alteraciones les ayudará a promover las intervenciones adecuadas y a evitar complicaciones, además de ayudar a acelerar el tiempo de recuperación de sus pacientes.

Conclusiones

La CR se ha venido estableciendo rápidamente como parte del repertorio quirúrgico de rutina para el tratamiento del cáncer de próstata. El objetivo del presente estudio fue describir los retos respiratorios y hemodinámicos y las complicaciones observadas en pacientes sometidos a CR. Aunque la mayoría de los pacientes generalmente tolera bien la CR y aprecien sus beneficios, los anestesiólogos necesitan tener en cuenta las alteraciones en el sistema cardiopulmonar que se dan cuando los pacientes son colocados en posición de Trendelenburg y cuando se crea un neumoperitoneo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Sánchez de Badajoz E, Gallego Perales JL, Reche Rosado A, Gutiérrez de la Cruz JM, Jiménez Garrido A. Laparoscopic cystectomy and ileal conduit: case report. *J Endourol.* 1995;9:59-62.
- Abdel-Hakim AM, Bassiouny F, Abdel Azim MS, Rady I, Mohey T, Habib I, et al. Laparoscopic radical cystectomy with orthotopic neobladder. *J Endourol.* 2002;16:377-81.
- Pruthi RS, Nielsen ME, Nix J, Smith A, Schultz H, Wallen EM. Robotic radical cystectomy for bladder cancer: surgical and pathological outcomes in 100 consecutive cases. *J Urol.* 2010;183:510-4.
- Menon M, Shrivastava A, Tewari A. Laparoscopic radical prostatectomy: conventional and robotic. *Urology.* 2005;66 5 Suppl:101-4.
- Hu JC, Gu X, Lipsitz SR, Barry MJ, D'Amico AV, Weinberg AC, et al. Comparative effectiveness of minimally invasive vs open radical prostatectomy. *JAMA.* 2009;302:1557-64.
- Yates DR, Vaessen C, Roupret M. From Leonardo to da Vinci: the history of robot-assisted surgery in urology. *BJU Int.* 2011;108:1708-13.
- Richards KA, Kader K, Hemal AK. Robotic radical cystectomy: where are we today, where will we be tomorrow? *Sci World J.* 2010;10:2215-27.
- Balick-Weber CC, Nicolas P, Hedreville-Montout M, Blanchet P, Stéphan F. Respiratory and haemodynamic effects of volume-controlled vs pressure-controlled ventilation during laparoscopy: a cross-over study with echocardiographic assessment. *Br J Anaesth.* 2007;99:429-35.
- Choi EM, Na S, Choi SH, An J, Rha KH, Oh YJ. 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.
- Kalmar AF, Foubert L, Hendrickx JF, Moltrie A, Absalom A, Mortier EP, 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.
- 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.
- Meininger D, Westphal K, Bremerich DH, Runkel H, Probst M, Zwissler B, et al. Effects of posture and prolonged pneumoperitoneum on hemodynamic parameters during laparoscopy. *World J Surg.* 2008;32:1400-5.
- Meininger D, Byhahn C, Mierdl S, Westphal K, Zwissler B. Positive end-expiratory pressure improves arterial oxygenation during prolonged pneumoperitoneum. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2005;49:778-83.
- Leggett RW. A biokinetic model for carbon dioxide and bicarbonate. *Radiat Prot Dosimetry.* 2004;108:203-13.
- Torrielli R, Cesarini M, Winnock S, Cabirol C, Mene JM. Hemodynamic changes during celioscopy: a study carried out using thoracic electric bioimpedance. *Can J Anaesth.* 1990;37:46-51 [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, Jacquet NJ, Legros JJ, Lamy ML. Hemodynamic changes induced by laparoscopy and their endocrine correlates: effects of clonidine. *J Am Coll Cardiol.* 1998;32:1389-96.
- Falabella A, Moore-Jeffries E, Sullivan MJ, Nelson MJ, Lew M. Cardiac function during steep Trendelenburg position and CO₂ pneumoperitoneum for robotic-assisted prostatectomy: a trans-oesophageal Doppler probe study. *Int J Med Robot.* 2007;3:312-5.
- Menon M, Hemal AK, Tewari A, Shrivastava A, Shoma AM, El-Tabey NA, et al. Nerve-sparing robot-assisted radical cystoprostatectomy and urinary diversion. *BJU Int.* 2003;92:232-6.
- Pruthi RS, Smith A, Wallen EM. Evaluating the learning curve for robot-assisted laparoscopic radical cystectomy. *J Endourol.* 2008;22:2469-74.
- Lowrance WT, Rumohr JA, Chang SS, Clark PE, Smith JAJJr, Cookson MS. Contemporary open radical cystectomy: analysis of perioperative outcomes. *J Urol.* 2008;179:1313-8.
- Ng CK, Kauffman EC, Lee MM, Otto BJ, Portnoff A, Ehrlich JR, et al. A comparison of postoperative complications in open versus robotic cystectomy. *Eur Urol.* 2010;57:274-81.
- Rhee JJ, Lebeau S, Smolkin M, Theodorescu D. Radical cystectomy with ileal conduit diversion: early prospective evaluation of the impact of robotic assistance. *BJU Int.* 2006;98:1059-63.
- Kordan Y, Barocas DA, Altamar HO, Clark PE, Chang SS, Davis R, et al. Comparison of transfusion requirements between open and robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int.* 2010;106:1036-40.
- Boström PJ, Kössi J, Laato M, Nurmi M. Risk factors for mortality and morbidity related to radical cystectomy. *BJU Int.* 2009;103:191-6.
- Hazebroek EJ, Bonjer HJ. Effect of patient position on cardiovascular and pulmonary function. En: Whelan RL, Fleshman JW, Fowler DL, editores. *The sages perioperative care in minimally invasive surgery.* New York: Springer; 2006. p. 410-7.
- Yee DS, Katz DJ, Godoy G, Nogueira L, Chong KT, Kaag M, et al. Extended pelvic lymph node dissection in robotic-assisted radical prostatectomy: surgical technique and initial experience. *Urology.* 2010;75:1199-204.