



doi: 10.35366/94365  
<https://dx.doi.org/10.35366/94365>

# Prostatectomía radical robótica: una revisión de aspectos anestésicos

## *Robotic assisted radical prostatectomy: a review of anesthetic considerations*

David Esqueda Segura,\* Brigitte Haydee Muñoz Alcocer,† Christian Isaac Villeda Sandoval,§  
Ricardo Almeida Magaña,§ José Manuel Otero García,§ Marvin Gabriel Cruz Álvarez||

### RESUMEN

La actualización continua es parte esencial de la práctica médica. La cirugía asistida con robot es un procedimiento que se realiza desde 2001 y cada vez es más frecuente, debido a las ventajas que ofrece sobre la cirugía laparoscópica. Con el tiempo, su uso en el quirófano seguirá incrementándose, por lo que todo anestesiólogo debe estar familiarizado con el equipo y el procedimiento. En este artículo, se busca proporcionar la información necesaria para los anestesiólogos antes de que se enfrenten a una cirugía asistida con el Sistema Da Vinci®, con un enfoque particular para la prostatectomía. Los retos para los que se debe estar preparado con este sistema incluyen: el espacio que ocupa el robot en el quirófano, la restricción en cuanto al acceso del paciente una vez colocado el carro de cirugía, la posición del paciente y el neumoperitoneo, incluyendo las consecuencias fisiológicas que esta combinación tendrá sobre el paciente. También, en el presente escrito, se revisan los distintos sistemas para cirugía robótica que existen, algunos de los procedimientos en los que se utilizan, las ventajas y desventajas, el procedimiento quirúrgico (prostatectomía asistida con robot) y el manejo anestésico, incluyendo los principales retos y algunas recomendaciones sobre el manejo transanestésico, los cuales serán de gran utilidad.

**Palabras clave:** Anestesia, Da Vinci, prostatectomía, neumoperitoneo, Trendelenburg.

**Nivel de evidencia:** III

### ABSTRACT

Health professionals must stay up to date and relevant in their field. Robotic assisted surgery is a procedure that has been performed since 2001 and that is being more frequently used due to its advantages over laparoscopic surgery. Over time, its use in the operating room will continue to increase so every anesthesiologist should be familiar with the equipment and the procedure. This article purpose is to provide information to anesthesiologists when they are involved in a Robot assisted surgery with the Da Vinci System®, with an emphasis in prostatectomy. During these types of surgeries, the anesthesiologist must be prepared for the following challenges: the amount of space occupied by the robot in the operating room, the restriction in terms of access to the patient once the surgical cart is placed, the position of the patient and the pneumoperitoneum, including the physiological consequences that this will have on the patient. This article discusses the different systems for robotic surgery that exist, some of the procedures in which they are used, advantages and disadvantages, the surgical procedure (robot-assisted prostatectomy) and the anesthetic management considering the main challenges while providing some useful recommendations.

**Keywords:** Anesthesia, Da Vinci, prostatectomy, pneumoperitoneum, Trendelenburg.

**Level of evidence:** III

### INTRODUCCIÓN

Un robot, de cualquier tipo, se define como un manipulador multifuncional reprogramable, cuya acción es llevar a cabo distintas tareas, sea diseñado para mover material, partes, herramientas o artículos especializados a través de directrices programadas. En el ámbito de la medicina, un robot quirúrgico se podría definir como un manipulador controlado por computadora

\* Anestesiólogo. Centro Médico ABC y Hospital Ángeles Pedregal.

† Médico General. Tecnológico de Monterrey, Hospital San José TecSalud.

§ Urología. Centro Médico ABC y Hospital Ángeles Pedregal.

|| Anestesiología. Hospital General de México.

Recibido para publicación: 10/06/2019. Aceptado: 11/01/2020.

Correspondencia: Dr. David Esqueda Segura

Calle América Núm. 10, Col. Colón de Echegaray, 53300,  
Naucalpan de Juárez, Estado de México. Teléfono: 55 3045 4609

E-mail: david0202esqued@hotmail.com



con un sensor artificial que puede ser reprogramado para mover y posicionar herramientas que lleven a cabo distintas tareas quirúrgicas. No obstante, el robot no sustituye al cirujano, sino que constituye una herramienta que lo asiste bajo su supervisión.<sup>1</sup>

En la actualidad, el sistema robótico que se utiliza en los quirófanos no es realmente un robot, ya que carece de movimientos independientes o acciones preprogramadas, es más bien un sistema de cirugía asistida por computadora, el cual es accionado y controlado por el propio cirujano.<sup>1,2</sup>

Distintas especialidades realizan procedimientos asistidos por robots.<sup>3</sup> Algunos ejemplos son: en cirugía ginecológica, se utiliza para realizar miomectomías, hysterectomía total y supracervical, resección de quiste de ovario, colpopexia sacra, reanastomosis tubárica, disección de ganglios linfáticos, embarazo ectópico, procedimiento de Moscowitz y cirugía de endometriosis; en cirugía urológica, para prostatectomía radical, cistectomías radicales, nefrectomía parcial y radical, linfadenectomías y cirugía reconstructiva del tracto urinario; en cirugía general, para hernioplastias y colecistectomías; en cirugía colorrectal, para hemicolectomía, sigmoidectomía, resección anterior baja y resección abdominoperineal; en cirugía bariátrica, para bypass gástrico en Y de Roux; en cirugía cardiotorácica, para cirugía de tórax y reparación de válvula mitral, y en cirugía de cabeza y cuello, para cirugía transoral, entre otras, demostrando importantes beneficios en comparación con la cirugía laparoscópica.<sup>3-5</sup>

#### Sistemas para cirugía robótica

Los principales sistemas para cirugía robótica que existen en la actualidad son: el Sistema Da Vinci®, el Sistema Revo-i® y un sistema desarrollado por Medtronic: el Mazor X® Stealth Edition, que se usa en cirugía de columna.<sup>6-8</sup> El Sistema quirúrgico robótico Revo-i® está aprobado por la Administración de Medicamentos y Alimentos de Corea (KFDA, por sus siglas en inglés) y consiste en una consola controlada por el cirujano, un carro de cirugía con cuatro brazos y un carro con visión de alta definición e instrumentos endoscópicos reutilizables.

El Sistema Revo-i® es muy parecido al Sistema Da Vinci®, pero el diámetro de sus instrumentos es de 7.4 mm a diferencia del Da Vinci, que es de 8.4 mm.<sup>7</sup> Anteriormente, también se utilizaba el Sistema Zeus, el cual contaba con una cámara activada por la voz que se podía mover hacia adentro o hacia afuera, dependiendo de la orden que daba el cirujano;

los brazos del robot estaban unidos a la mesa de operaciones y contaba con sólo 5 grados de movimiento (mientras que el Da Vinci® tiene 7).<sup>2,6</sup> Dado que el Sistema Da Vinci® es el que se utiliza en México, será el que se abordará en la siguiente revisión.

#### Sistema Da Vinci®

El Sistema quirúrgico Da Vinci® tiene tres componentes:<sup>9</sup>

#### Carro de cirugía

El carro de cirugía es lo que se conoce como el robot; el Da Vinci original, utilizaba tres brazos, pero posteriormente se añadió un cuarto brazo.<sup>2</sup> El cirujano manipula los brazos desde una consola en tiempo real; los primeros dos representan el brazo derecho e izquierdo del cirujano; el tercero (brazo central) posiciona el video-telescopio; el cuarto (opcional) se puede fijar y permite al cirujano sostener otro instrumento o realizar otras tareas, como la contrarreacción. Debido a que el carro es de gran tamaño y por su proximidad al paciente, se debe cuidar de que no haya un contacto inadvertido de éste con el paciente (*Figura 1*).<sup>2,9</sup>



**Figura 1:** El carro de cirugía es manipulado por un especialista, quien ayuda a colocarlo en posición sobre el campo quirúrgico. Una vez colocado el carro y conectado los brazos con los trócares, el paciente no se puede mover, ya que se corre el riesgo de lastimar algún órgano o tejido. Los brazos del robot están numerados del 1 al 4, pues cada uno cumple con distintas funciones.

### Torre de visión tridimensional óptica

Contiene el equipo de cómputo necesario para integrar los canales ópticos izquierdo y derecho que dan la visión estereoscópica, además de ejecutar el software que controla la cinética de los brazos.<sup>9</sup> También cuenta con otros instrumentos como el insuflador y el equipo de video (*Figura 2*).<sup>2</sup>

### Consola

La consola es el lugar en el que se sienta el cirujano desde donde podrá observar el campo operativo y además manipular el robot desde una ubicación remota.<sup>2,6</sup> Cuenta con un visor tridimensional para crear la sensación de que el cirujano está presente en el campo operativo.<sup>2</sup> Tiene además dos manipuladores para que el cirujano coloque sus manos (específicamente los dedos) y el movimiento de éstas se traduzca en el movimiento de los brazos.<sup>9</sup> Posee un filtro para el temblor de la mano y una escala de movimiento (ascendente o descendente) (ver más adelante).<sup>10</sup> En la parte inferior, se encuentran los pedales, los cuales se manipulan con los pies y cuyas funciones son: alternar entre los diferentes brazos, desconectar los instrumentos, ajustar la cámara y controlar la energía del cauterio o instrumentos ultrasónicos.<sup>9</sup> Cabe mencionar que la computadora que ejecuta todo el sistema, se encuentra dentro de la consola.<sup>2</sup>

Por lo general, se requiere de, al menos, dos cirujanos para llevar a cabo el procedimiento: un cirujano en la consola y otro en la mesa quirúrgica para que manipule los trócares y los conecte con los brazos, cambie los diferentes accesorios y manipule otros instrumentos adicionales.<sup>9</sup>

### Ventajas y desventajas de la cirugía robótica

La cirugía robótica, al ser un procedimiento de mínima invasión, nos brinda las ventajas ya conocidas de la cirugía laparoscópica: menor dolor postoperatorio, incisiones más pequeñas, menor estancia hospitalaria, una pronta recuperación y, en consecuencia, una mayor satisfacción del paciente.<sup>2</sup> Sin embargo, a diferencia de la cirugía laparoscópica, la cirugía robótica tiene ventajas significativas, algunas de las cuales ya se han mencionado, pero que se detallan a continuación:

Visión tridimensional: se debe gracias a que cada ojo está vinculado a una cámara separada, el cerebro



**Figura 2:** La torre de visión es muy similar al equipo de laparoscopia convencional. En este caso, se posicionó al paciente para una nefrectomía parcial. En la parte de atrás se observa la torre de visión y en el lado derecho la consola, desde donde el cirujano manipula el carro de cirugía una vez que se haya posicionado.

humano procesa cada imagen dando al cirujano (en la consola) la percepción de profundidad; el sistema tiene un sincronizador que mantiene cada marco de cada cámara en fase.<sup>2</sup> Además, la cámara es estable, se puede ajustar el aumento hasta 10 veces y la controla directamente el operador a través de un pedal.<sup>9,10</sup>

Sistema de seguridad: la consola cuenta con un sensor infrarrojo que cruza por el plano del «visor»; es decir, la consola no moverá ninguno de los brazos o instrumentos del robot, a menos que el cirujano esté posicionado para ver el campo quirúrgico.<sup>2</sup>

Control del temblor: cuenta con un sistema para evitar que se amplifiquen movimientos no deseados, por ejemplo, el temblor de las manos.<sup>2</sup>

Escala de movimiento: se puede ajustar desde una relación de 1:1 hasta 5:1, es decir, cinco pulgadas de movimiento de la mano se traducen a una pulgada de movimiento quirúrgico, mejorando el control de los movimientos finos.<sup>2</sup>

Más grados de movilidad: los instrumentos (los brazos) del carro de cirugía tienen siete grados de movimiento (en comparación con cuatro grados de movimiento que tiene la laparoscopia), lo que permite un control más ergonómico y anatómico, que se asemeja al movimiento de las muñecas del ser humano:<sup>2</sup>

- Arriba y abajo en el plano vertical.
- Lado a lado en el plano horizontal.
- Hacia adelante (para alcanzar un objeto) y retracción hacia atrás.
- Rotación alrededor del eje central (como cuando se coloca la mano en prono y en supino).

- e) Movimiento de la muñeca de flexión y extensión.
- f) Movimiento lateral hacia el lado cubital y radial.
- g) Abrir y cerrar el instrumento para agarrar.

El espacio que ocupan, tanto el robot como los accesorios, es una de las desventajas de este sistema. Los instrumentos pueden llegar a ocupar un gran espacio, por lo que se debe verificar que al moverlos no choquen entre ellos, con los asistentes o con el paciente.<sup>2</sup> Además, la consola, la torre de visión y el carro de cirugía requieren una sala quirúrgica de gran tamaño, motivo por el cual la mayoría de los hospitales le designan una sala especialmente diseñada.<sup>3</sup>

El anestesiólogo debe estar preparado para la invasión de su espacio, tanto por el robot como por los asistentes. Es importante mencionar que, una vez colocado el robot, el acceso al paciente es complicado, por lo que el equipo quirúrgico debe estar capacitado para poder desmontar rápidamente el carro de cirugía en caso de una emergencia.<sup>2</sup>

El costo es otra de las limitantes; se estima que el costo inicial es de aproximadamente un millón de dólares. Se debe considerar también el precio del mantenimiento y que los instrumentos tienen una vida útil de 10 procedimientos. Además, otras desventajas son el tiempo que lleva colocar el robot en un inicio, así como la capacitación necesaria del equipo de trabajo.<sup>2</sup>

#### El procedimiento quirúrgico: prostatectomía radical asistida por robot (PRAR)

En el ámbito de la cirugía urológica asistida por robot, la prostatectomía radical asistida por robot (PRAR) es la que se realiza con mayor frecuencia, llegando a ser el segundo procedimiento más realizado por robot en el mundo.<sup>11</sup> Esto parece tener una relación directa con la incidencia de cáncer de próstata. Según datos de la GLOBOCAN, se estima que en 2018, a nivel mundial, hubieron 1.3 millones de casos nuevos de cáncer de próstata y 359,000 muertes asociadas, siendo el segundo cáncer más frecuente y la quinta causa de muerte por cáncer en hombres.<sup>12</sup> En México, durante 2014 se diagnosticaron alrededor de 233,000 nuevos casos de cáncer de próstata, siendo considerado el cáncer de próstata como la causa más frecuente de mortalidad por tumores malignos con 16% de las muertes. Datos publicados por el Instituto Nacional de Cancerología indican una tasa de mortalidad de 13 defunciones por cada 100,000 hombres.<sup>13</sup>

Para entender los desafíos a los que se enfrenta el anestesiólogo, se hará una breve descripción de la

técnica quirúrgica de la prostatectomía radical asistida por robot. Para este procedimiento, el paciente se coloca en posición de litotomía con un pronunciado Trendelenburg (entre 20 y 30 grados) y con los brazos pegados al cuerpo.<sup>11,14</sup> Para la posición de litotomía modificada, es necesario utilizar un soporte acolchonado para piernas. Los pacientes en esta posición son propensos a deslizarse desde la mesa quirúrgica; por ello, para asegurar la posición, nosotros sugerimos sujetar al paciente a la mesa, colocando cintas sobre el tórax en un patrón de «X», ya que los sujetadores de hombro pueden llegar a dañarlo; además, debemos prestar especial atención a las áreas de presión. Si las piernas o los brazos no se colocan de manera adecuada, pueden presentarse neuropatía ulnar y lesión del nervio cutáneo femoral lateral.<sup>15</sup> Mills y colaboradores analizaron las lesiones por posición que se asociaron con la cirugía urológica asistida por robot. Ellos, de 334 procedimientos, documentaron 22 lesiones (6.6%), de las cuales 13 (59.1%) se resolvieron en un mes, y cinco (22.7%) persistieron por más de seis meses.<sup>16</sup> Hallaron que el tiempo de cirugía ( $p < 0.0001$ ), el tiempo que el paciente permanecía en la sala de cirugía ( $p < 0.0001$ ) y el estado físico de la ASA ( $p = 0.0033$ ) se asociaban significativamente con un riesgo de lesión.

Los instrumentos y los brazos del carro de cirugía estarán colocados sobre el paciente, de tal manera que si el anestesiólogo quiere acceder a éste durante el procedimiento, puede llegar a desplazar y/o contaminar los instrumentos, los cuales pueden ser muy costosos y de un solo uso.<sup>14</sup> Por lo tanto, será importante que las vías, el equipo de monitoreo, el tubo endotraqueal y los dispositivos de protección, se coloquen y se verifiquen antes de que el robot esté en posición. Una vez posicionado y con los campos quirúrgicos colocados, el paciente es virtualmente intocable. El cirujano inserta una aguja para iniciar el neumoperitoneo, posiciona los trócares y coloca al paciente en posición de Trendelenburg; posteriormente, se moviliza el carro de cirugía para conectar cada brazo a un puerto y se verifica que los brazos del robot se puedan mover libremente.<sup>11,14</sup> Una vez posicionado el carro de cirugía, el cirujano se sentará en la consola, mientras que el asistente se quedará en el campo quirúrgico para controlar el retractor manual, la succión y la irrigación, cambiar los accesorios e introducir y retirar suturas u otros materiales.

La cirugía consiste en la disección del cuello de la vejiga, las vesículas seminales y la próstata, incluyendo, si es posible, técnicas de neuropreservación; luego, el complejo venoso dorsal y la uretra se

dividen para liberar la próstata y, después de colocarla en una bolsa de extracción, se deja en la cavidad, mientras se realiza la anastomosis de la uretra y la vejiga. De ser necesario, en este punto se realiza la disección bilateral de los ganglios linfáticos de la pelvis. Finalmente, se deja un drenaje perivesical, se desacoplan los brazos de los trócares, se extrae la pieza quirúrgica de la cavidad, lo cual requerirá una pequeña extensión de una de las incisiones y se procede a cerrar.<sup>11,14</sup> En manos de un cirujano experimentado, una prostatectomía no complicada se puede realizar en un tiempo menor a dos horas, con un sangrado aproximado de 150 a 200 mL.<sup>9</sup> Si se requiere una linfadenectomía, se puede prolongar el tiempo quirúrgico. Normalmente, el paciente podrá iniciar deambulación el mismo día o al día siguiente y podrá irse a su domicilio con mínimas molestias uno o dos días después.<sup>14</sup>

### Manejo anestésico

Los aspectos críticos para el anestesiólogo durante el procedimiento serán: el acceso al paciente, el pronunciado Trendelenburg, las consecuencias fisiológicas del neumoperitoneo, el enfisema subcutáneo, la hipotermia y el embolismo aéreo venoso.<sup>3</sup> El monitoreo intraoperatorio es el convencional: electrocardiografía, presión arterial no invasiva, pulsioximetría, capnografía, temperatura y gasto urinario.<sup>17</sup> El uso de catéter venoso central y las líneas arteriales se deben individualizar de acuerdo con las necesidades del paciente y no de forma rutinaria; por ejemplo, pacientes cuyas comorbilidades requieran el monitoreo continuo de la presión arterial o muestras de sangre repetidas.<sup>5</sup>

La selección del paciente depende de la valoración y el juicio clínico. Se debe considerar si el paciente podrá tolerar un periodo prolongado en una posición extrema. En cirugías asistidas por robot, se consideran factores de riesgo independientes: comorbilidad cardiovascular significativa, enfermedad cerebrovascular, una pobre función pulmonar, hipertensión pulmonar y glaucoma.<sup>17</sup>

### Acceso al paciente

Asegurar el acceso adecuado al paciente debe ser una prioridad para el anestesiólogo. Como ya se ha mencionado, una vez colocado el carro de cirugía y conectado los trócares, ni el paciente ni la mesa quirúrgica se podrán mover. En caso de emergencia, el carro de cirugía se puede retirar en no más de un minuto: se

desacoplan los instrumentos y la cámara de los brazos, se apartan los brazos de los trócares y se retira el carro de cirugía.<sup>3</sup>

Desde un inicio, se debe posicionar al paciente muy cuidadosamente y proteger los puntos de presión, para lo cual se pueden utilizar almohadillas de gel.<sup>18</sup> Se debe sujetar al paciente a la mesa quirúrgica para prevenir que se pueda deslizar (ver procedimiento quirúrgico).<sup>17</sup> Hay que cuidar el acceso intravenoso y verificar que los electrodos estén correctamente posicionados.<sup>18</sup> Se sugiere colocar una segunda vía periférica para la administración de soluciones y medicamentos y, si es necesario y está indicado, hay que colocar también una línea arterial; una vez colocadas, hay que cuidar que no se doblen, que no se ocluyan y que tengan una extensión adecuada que nos permita un fácil acceso. Se debe tener especial precaución al fijar el tubo endotraqueal; durante la cirugía, los brazos del robot, aunque estén trabajando en el abdomen o en la pelvis, pueden llegar a interferir con el tubo, o incluso, por su proximidad, a alguno de los asistentes. Es necesario ser muy meticuloso en el cuidado de estos pacientes. Entre la mesa quirúrgica y la máquina de anestesia, se debe dejar un espacio suficientemente amplio, pues ahí estarán colocados los asistentes.<sup>3</sup> Se sugiere utilizar un circuito de anestesia más largo al convencional, pero esto no es indispensable.

### Efectos del Trendelenburg y del neumoperitoneo

Tanto en la prostatectomía radical como en muchos otros procedimientos asistidos por un robot, es necesario que el paciente se coloque en Trendelenburg entre 20 y 30 grados para una mejor exposición (previamente comentado). Esta posición, aunado al neumoperitoneo, ocasiona que el contenido abdominal desplace de manera cefálica el diafragma con la consiguiente reducción de la capacidad residual funcional y la complianza pulmonar.<sup>5</sup> El espacio muerto aumenta pero mejora una vez que el paciente se coloca en decúbito supino. Cabe mencionar que, a pesar de estos cambios (la disminución de la complianza y la capacidad residual pulmonar), los efectos del Trendelenburg en el intercambio de gases son mínimos, incluso en pacientes obesos;<sup>19,20</sup> no obstante, será más complicada la ventilación en los pacientes obesos.<sup>5</sup> Con respecto al tubo orotraqueal, se debe confirmar su posición después del neumoperitoneo en la posición de Trendelenburg, ya que se acorta la distancia entre la carina y las cuerdas vocales hasta en 1 cm, dando como resultado el desplazamiento del tubo hacia alguno de los bronquios principales.<sup>9,21</sup>

La presión intraocular aumenta de 10 a 15 mmHg, con un promedio de 13 mmHg, después de haber sido colocado el paciente en Trendelenburg con 15 mmHg de CO<sub>2</sub> de neumoperitoneo.<sup>5,9</sup> En un estudio realizado por Awad y colaboradores, demostraron que la presión intraocular incrementa significativamente en pacientes anestesiados durante la posición de litotomía en prostatectomía robótica. Ellos lo relacionaron con dos factores: el primero, el tiempo que el paciente se encuentra en posición de Trendelenburg, el cual genera un aumento de la presión venosa central, que en consecuencia incrementa la presión intraocular; el segundo, el incremento en el CO<sub>2</sub> espirado, que es un reflejo del CO<sub>2</sub> arterial, que puede ocasionar vasodilatación coroidal e incrementos en la presión intraocular. El incremento en el CO<sub>2</sub> arterial puede ser debido a la absorción intraperitoneal de CO<sub>2</sub> y/o un incremento en la presión diafragmática que resulta en la disminución del volumen corriente.

Existen múltiples factores perioperatorios involucrados en el incremento de la presión intraocular durante la prostatectomía robótica; algunos de estos factores pueden ser controlados por el anestesiólogo, como el mantenimiento hemodinámico, estrategias de ventilación y control de líquidos; sin embargo, otros factores son inherentes al procedimiento y no se pueden controlar, como la posición, la insuflación con CO<sub>2</sub> y el tiempo que el paciente permanece en la posición de Trendelenburg.<sup>22</sup>

A nivel hemodinámico, hay un incremento de la presión venosa central, la presión de la arteria pulmonar y la presión en cuña y, en consecuencia, hay disminución de la frecuencia cardiaca, especialmente al inicio del neumoperitoneo, por lo que se debe tener precaución en caso de una disminución súbita de la frecuencia cardiaca.<sup>9,23</sup> A pesar de que la posición en Trendelenburg puede incrementar el gasto cardiaco a través de un aumento en la precarga, la presión aórtica por el neumoperitoneo incrementa las resistencias vasculares sistémicas, por lo que el resultado es la disminución del volumen latido y del gasto cardiaco.<sup>9,24</sup> Danic y colaboradores observaron que la posición de Trendelenburg junto con el neumoperitoneo ocasionan una reducción de la presión arterial media en 17%, disminución de la frecuencia cardiaca en 21% y disminución del gasto cardiaco en 37%. Se debe tener especial precaución en pacientes con una reserva cardiaca limitada, en los cuales puede ser necesario un monitoreo invasivo.<sup>15</sup>

En la posición de Trendelenburg hay un incremento de la presión venosa, lo que dificulta el drena-

je venoso cerebral, con un aumento consecuente en el volumen sanguíneo cerebral y el volumen de líquido cefalorraquídeo. Se ha reportado un incremento de la presión intracranal de 8.8 a 13.3 mmHg con la posición de Trendelenburg a 30 grados en pacientes sometidos a neurocirugía.

Además, el neumoperitoneo incrementa la presión intracranal debido a que el aumento en la presión abdominal obstruye el retorno venoso del plexo venoso lumbar.<sup>25</sup> Por último, permanecer por un tiempo prolongado en la posición de Trendelenburg puede ocasionar edema facial, periorbital, conjuntival, faríngeo, laringeo y de lengua.<sup>5</sup>

El edema de la vía aérea superior puede tener graves consecuencias después de la extubación; en caso de observar edema facial o conjuntival, existe la posibilidad de que haya edema laríngeo.<sup>26</sup> En caso de que el edema laríngeo sea importante, el paciente debe permanecer bajo ventilación mecánica hasta que disminuya el edema y se debe extubar cuando la prueba de fuga del manguito sea positiva.<sup>5</sup>

#### Enfisema subcutáneo, hipotermia y embolismo aéreo venoso

Se define como enfisema subcutáneo a la presencia de gas en el tejido subcutáneo que pasa a través de una interrupción en el peritoneo o a través de un trocar colocado inadvertidamente en situación preperitoneal. La mayoría de las veces, el enfisema es benigno, sin embargo, puede extenderse al mediastino y pleura, ocasionando neumotórax y neumomediastino. Cuando se observa enfisema en el cuello, puede ocasionar obstrucción de la vía aérea superior. Se consideran como factores de riesgo para enfisema subcutáneo: múltiples trócares, niveles de EtCO<sub>2</sub> mayores a 50 mmHg, tiempos de cirugía mayor a 200 minutos y pacientes que sean adultos mayores. El enfisema subcutáneo puede ocasionar hipercapnia, por lo que puede ser necesario incrementos en la ventilación; al término del procedimiento, se sugiere dejar al paciente bajo ventilación mecánica hasta que se corrija la hipercapnia para prevenir incrementos en el trabajo ventilatorio.<sup>11,26</sup>

El desarrollo de hipotermia durante la cirugía asistida con robot es multifactorial; las condiciones del quirófano, aunado a una alteración de los mecanismos termorregulatorios durante la anestesia, propician la pérdida de calor. Un tiempo quirúrgico prolongado, la insuflación con CO<sub>2</sub> y la exposición exacerbán la pérdida de calor. Por lo tanto, será necesario implementar técnicas de calentamiento como:

monitoreo de la temperatura, administrar soluciones tibias, uso de sábanas térmicas y control de la temperatura del quirófano.<sup>27</sup>

La creación del neumoperitoneo puede producir un embolismo gaseoso, que en casos graves puede ocasionar un colapso cardiovascular e incluso la muerte. Se considera que se debe a una rápida insuflación de gas directamente en el torrente sanguíneo. Algunas medidas para prevenir y tratar esta complicación incluyen: retirar el neumoperitoneo, hiperventilar con oxígeno, colocar al paciente en decúbito lateral izquierdo y en posición de Trendelenburg, y de ser posible, aspirar el émbolo a través de un catéter venoso central. Durante el procedimiento, el gas utilizado para el neumoperitoneo debe ser CO<sub>2</sub>, debido a su alto coeficiente de difusión que minimiza el riesgo de un embolismo gaseoso. Medir el CO<sub>2</sub> espirado permite al anestesiólogo hacer ajustes en el ventilador para disminuir el exceso de CO<sub>2</sub>, previniendo así la hipercapnia y acidosis.<sup>3</sup>

## RECOMENDACIONES

### Manejo de líquidos

En este tipo de cirugías, los tiempos quirúrgicos prolongados, la posición en Trendelenburg, el neumoperitoneo y el aumento del gasto urinario durante la anastomosis vesicouretral ocasionan que se presente edema facial, faríngeo y laríngeo, aumentando el riesgo de reintubación en el posoperatorio inmediato, por lo que el manejo de líquidos se convierte en un reto complejo para el anestesiólogo. Por lo anterior, la estrategia se basa en un balance restrictivo de líquidos en el preoperatorio, y durante la cirugía, menos de 2 litros de cristaloides. Se recomienda no administrar más de 800 mL de cristaloides hasta que el cirujano complete la anastomosis vesicouretral, y en el postoperatorio se busca una reanimación hídrica que mantenga los parámetros hemodinámicos normales y que preserve el gasto urinario.<sup>3,9</sup>

### Ventilación mecánica

Al hablar de ventilación mecánica en cirugía robótica para prostatectomía, se debe considerar las alteraciones que ocasionan en conjunto la posición de Trendelenburg y el neumoperitoneo, teniendo como consecuencias: una disminución de la complianza pulmonar en 50% y de la capacidad funcional residual, aumento de 50% en la presión plateau y la presión pico, llegando en esta última hasta 50-60 cmH<sub>2</sub>O, lo que

eleva el riesgo de barotrauma; también, se presentan alteraciones en la ventilación perfusión, aumentando el riesgo de atelectasias e hipercapnia postoperatoria.

Con base en lo anterior, se encontró que la ventilación controlada por presión daba como resultado un mayor cumplimiento dinámico y una menor presión pico de las vías respiratorias, logrando un volumen corriente óptimo de 6-8 mL/kg en comparación con la ventilación controlada por volumen.<sup>3,9,11</sup> La presión positiva al final de la espiración (PEEP, por sus siglas en inglés) disminuye la presencia de atelectasias, mejora la oxigenación intraoperatoria y la mecánica pulmonar, pero impide el retorno de la sangre venosa de las extremidades inferiores y disminuye el gasto cardíaco; no obstante, estos efectos son disminuidos por la posición de Trendelenburg.<sup>3,9</sup>

### Dexmedetomidina y presión intraocular

La dexmedetomidina baja la presión intraocular debido a que disminuye el flujo uveoescleral, y por lo tanto, restringe la producción de humor acuoso y decrece el tono vasomotor, mejorando el sistema de drenaje ocular y evitando que la presión intraocular se eleve; la dosis recomendada es de 0.4 µg/kg/h al momento de colocar al paciente en la posición de Trendelenburg y durante el resto de la cirugía.<sup>28</sup> Estudios afirman que la dexmedetomidina disminuye la presión intraocular 6 mmHg en comparación con grupo control.<sup>29</sup>

## CONCLUSIONES

El anestesiólogo debe ser especialmente precavido cuando se enfrenta a un procedimiento asistido por robot. Será indispensable prepararse desde un inicio para cualquier problema que pudiera surgir durante el procedimiento, reiterando que una vez colocado el carro de cirugía, el acceso al paciente será muy limitado. Aún así, ésta no es una situación a la que el anestesiólogo no se haya enfrentado. Cirugías neurológicas, cirugías de cuello, hernioplastias o hysterectomías laparoscópicas, entre otras, son procedimientos en donde el paciente, así como el equipo de monitoreo y los accesos intravenosos, deben quedar perfectamente colocados antes de iniciar el procedimiento, pues el acceso estará muy limitado, además de que, con frecuencia, el paciente debe permanecer en posición de Trendelenburg por períodos prolongados.

Los procedimientos asistidos con robot no deben significar un problema, sino un área de oportunidad

para los anestesiólogos, para identificarse con los métodos quirúrgicos más modernos que existen y para saber abordarlos como cualquier otro procedimiento, entendiendo su complejidad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Davies B. A review of robotics in surgery. *Proc Inst Mech Eng H*. 2000; 214 (1): 129-140.
2. Sullivan MJ, Frost EA, Lew MW. Anesthetic care of the patient for robotic surgery. *Middle East J Anesthesiol*. 2008; 19: 967-982.
3. Hsu RL, Kay AD, Urman RD. Anesthetic challenges in robotic-assisted urologic surgery. *Rev Urol*. 2013; 15 (4): 178-184.
4. Intuitive surgical 2017 annual report. Sunnyvale (CA), USA: 2017.
5. Gupta K, Mehta Y, Sarin Jolly A, Khanna S. Anaesthesia for robotic gynaecological surgery. *Anaesth Intensive Care*. 2012; 40: 614-621.
6. Chauhan S, Sukesan S. Anesthesia for robotic cardiac surgery: an amalgam of technology and skill. *Ann Card Anaesth*. 2010; 13: 169-175.
7. Chang KD, Abdel RA, Choi YD, Chung BH, Rha KH. Retzius-sparing robot-assisted radical prostatectomy using the Revo-i robotic surgical system: surgical technique and results of the first human trial. *BJU Int*. 2018; 122: 441-448.
8. Medtronics. "Spine Robotics-Mazor X Stealth Edition Robotic Guidance Platform". Medtronic.Com, 2017 [consultado el 4/06/19]. Disponible en: <https://www.medtronic.com/us-en/healthcarprofessionals/products/ neurological/spine-robotics/mazorx.html>.
9. Lee JR. Anesthetic considerations for robotic surgery. *Korean J Anesthesiol*. 2014; 66 (1): 3-11.
10. Mirnezami AH, Mirnezami R, Venkatasubramaniam AK, Chandrasekaran K, Cecil TD, Moran BJ. Robotic colorectal surgery: hype or new hope? A systematic review of robotics in colorectal surgery. *Colorectal Dis*. 2010; 12: 1084-1093.
11. Gainsburg DM. Anesthetic concerns for robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *Minerva Anestesiol*. 2012; 78 (5): 596-604.
12. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *Cancer J Clin*. 2016; 68: 394-424.
13. IMSS. Cáncer de próstata. Salud en Línea. Instituto Mexicano del Seguro Social. 13/02/2015.
14. Baltayian S. A brief review: anesthesia for robotic prostatectomy. *J Robotic Surg* 2008; 2: 59-66.
15. Danic MJ, Chow M, Alexander G, Bhandari A, Menon M, Brown M. Anesthesia considerations for robotic-assisted laparoscopic prostatectomy: a review of 1,500 cases. *J Robotic Surg*. 2007; 1: 119-123.
16. Mills JT, Burris MB, Warburton DJ, Conaway MR, Schenkman NS, Krupski TL. Positioning injuries associated with robotic assisted urological surgery. *J Urol*. 2013; 190: 580-584.
17. Kakar PN, Das J, Roy PM, Pant V. Robotic invasion of operation theatre and associated anaesthetic issues: a review. *Indian J Anaesth*. 2011; 55: 18-25.
18. El-Dawlatly A, Khairy G, Al-Dohayan A, Alsaigh A, Abdulkarim A, Alotaibi W. Anesthetic considerations with telemanipulative robot-assisted laparoscopic cholecystectomy using the Da Vinci system. *The Internet Journal of Anesthesiology*. 2003; 8 (2).
19. Schrijvers D, Mottrie A, Traen K, De Wolf AM, Vandermeersch E, Kalmar AF et al. Pulmonary gas exchange is well preserved during robot assisted surgery in steep Trendelenburg position. *Acta Anaesthesiol Belg*. 2009; 60: 229-233.
20. Sprung J, Whalley DG, Falcone T, Warner DO, Hubmayr RD, Hammel J. The impact of morbid obesity, pneumoperitoneum, and posture on respiratory system mechanics and oxygenation during laparoscopy. *Anesth Analg*. 2002; 94: 1345-1350.
21. Chang CH, Lee HK, Nam SH. The displacement of the tracheal tube during robot-assisted radical prostatectomy. *Eur J Anaesthesiol*. 2010; 27: 478-480.
22. Awad H, Santilli S, Ohr M, Roth A, Yan W, Fernandez S et al. The effects of steep Trendelenburg positioning on intraocular pressure during robotic radical prostatectomy. *Anesth Analg*. 2009; 109: 473-478.
23. Lestari M, Gunnarsson L, Lagerstrand L, Wiklund P, Odeberg-Wernerman S. Hemodynamic perturbations during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy in 45 degrees Trendelenburg position. *Anesth Analg*. 2011; 113: 1069-1075.
24. Falabella A, Moore-Jeffries E, Sullivan MJ, Nelson R, Lew M. Cardiac function during steep Trendelenburg position and CO<sub>2</sub> pneumoperitoneum for robotic-assisted prostatectomy: a transoesophageal Doppler probe study. *Int J Med Robot*. 2007; 3: 312-315.
25. Park EY, Koo BN, Min KT, Nam SH. The effect of pneumoperitoneum in the steep Trendelenburg position on cerebral oxygenation. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2009; 53: 895-899.
26. Arslan ME, Özgök A. Complications of robotic and laparoscopic urologic surgery relevant to anesthesia. *Minimally Invasive Surg*. 2018; 2: 4.
27. Gayle JA, Rubin RE, Urman RD, Kaye AD. Anesthetic considerations for robotic-assisted surgery. In: Kaye A, Urman R. *Perioperative Management in Robotic Surgery*. Cambridge Cambridge University Press; 2017: 41.
28. Chattia C, Gorsia M, Yates DR, Vaessen C, Bitker MO, Coriat P et al. Complications de l'anesthésie générale inhérentes à la voie laparoscopique et à la prostatectomie totale robot-assistée. *Progrès en Urologie*. 2011; 21: 829-834.
29. Ackerman R, Cohen J, Garcia R, Patel S. Are you seeing this: the impact of steep Trendelenburg position during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy on intraocular pressure: a brief review of the literature. *J Robot Surg*. 2019; 13 (1): 35-40.