



UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA

“CALIDAD, PERTINENCIA Y CALIDEZ”

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE CIENCIAS MÉDICAS

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
MÉDICO**

**TEMA: “CON EL ADVENIMIENTO DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA EN
NUESTRO MEDIO, Y SUS LOGROS ALCANZADOS, EN QUÉ TIPO DE
CIRUGIAS SE HA DESTACADO, COMPARE TOMANDO COMO BASE
ARTÍCULOS CIENTÍFICOS DE ALTO IMPACTO MÍNIMO 5, EN QUÉ
CIRUGÍA SE HA VISTO MAYOR DESENVOLVIMIENTO TÉCNICO-
PRÁCTICO ”.**

AUTOR:

JOSÉ FERNANDO HIDALGO ROMÁN

MACHALA – EL ORO – ECUADOR

2015

Machala, 7 de octubre del 2015

CERTIFICAMOS

Que el Sr. José Fernando Hidalgo Román, es autor del presente trabajo de titulación: **“Con el advenimiento de la Cirugía Robótica en nuestro medio, y sus logros alcanzados, en qué tipo de cirugías se ha destacado. En qué cirugía se ha visto mayor desenvolvimiento técnico-práctica”**. La cual fue revisada y corregida, por lo que se autorizó la impresión, reproducción y presentación a los tribunales correspondientes.

Dr. Roberto Palacios
CI.0700681083

Dr. Leonardo Alvarado
CI.0701180341

Dr. Luis Arciniega
CI.1000723096

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, José Fernando Hidalgo Román, con CI. 0705051050, egresado de la carrera de Ciencias Médicas de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala, responsable del siguiente trabajo de titulación:

“Con el advenimiento de la Cirugía Robótica en nuestro medio, y sus logros alcanzados, en qué tipo de cirugías se ha destacado. En qué cirugía se ha visto mayor desenvolvimiento técnico-práctica”.

Certifico que los resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría, una vez que ha sido aprobado por mi tribunal de sustentación autorizando su presentación.

Deslindo a la Universidad Técnica de Machala de cualquier delito de plagio y cedo mi derecho de Autor a la Universidad Técnica de Machala para que ella proceda a darle el uso que sea conveniente.

Agradezco vuestra gentil atención.

José Fernando Hidalgo Román
C.I.: 0705051050
jofer-hirom87@hotmail.com

CERTIFICACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, José Fernando Hidalgo Román, autor del siguiente trabajo de titulación: **“Con el advenimiento de la Cirugía Robótica en nuestro medio, y sus logros alcanzados, en qué tipo de cirugías se ha destacado.”** Declaro que la investigación, ideas, conceptos, procedimientos y resultados obtenidos en el siguiente trabajo son de mi absoluta responsabilidad.

José Fernando Hidalgo Román
C.I.: 0705051050

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a mi familia, quienes han sido mi pilar fundamental, en el transcurso de mi carrera.

A mi Esposa Sandra, quien me apoyó y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

Para ellos es esta dedicatoria, pues es a ellos a quienes se las debo, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y superarme cada día, también agradezco a mis padres porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante. Y agradezco a Dios por darme la salud que tengo, por tener una cabeza con la que puedo pensar muy bien y además un cuerpo sano y una mente de bien. Estoy seguro que mis metas planteadas darán fruto en el futuro y por ende me debo esforzar cada día para ser mejor y un hombre de bien.

RESUMEN

Justificación y objetivos: Con los cambios que han ocurrido con la tecnología, la Cirugía Robótica, ha revolucionado, no solo el desenvolvimiento de los cirujanos, sino también, se ha traducido en beneficios para nuestros pacientes. El objetivo principal fue describir, las características fundamentales y el uso más destacado de la Cirugía Robótica. El objetivo secundario fue nombrar las ventajas sobre los pacientes. Métodos: Investigación de revisiones, estudios y casos clínicos publicados en páginas de contenido científico en los últimos años. Conclusión: A través de este trabajo, no queda duda que la Cirugía Robótica, nos ofrece un nuevo campo de estudio y de prácticas que traerán beneficios para el binomio Médico-Paciente.

ABSTRACT

Background and objectives: With the changes that have happened with technology, robotic surgery has revolutionized not only the development of the surgeons, but also has resulted in benefits for our patients. The main objective was to describe the key features and highlights the use of robotic surgery. The secondary objective was to appoint the benefits on patients. Methods: Research reviews, and case studies published in scientific content pages in recent years. Conclusion: Through this work, there is no doubt that robotic surgery offers us a new field of study and practices that bring benefits to the Doctor -Patient binomial.

LA CIRUGÍA ROBÓTICA

Introducción

La Cirugía Robótica está considerada por muchos autores como el futuro de la cirugía debido a los importantes avances que ha experimentado y al gran impacto causado durante las últimas dos décadas. Su desarrollo ha sido rápido, y ha demostrado poseer numerosas ventajas que ayudan a la mejora de las técnicas quirúrgicas. Así mismo, gracias a la cirugía robótica se han producido cambios en la práctica y la enseñanza de la cirugía. El sistema quirúrgico Da Vinci (desarrollado por Intuitive Surgical Sunnyvale, EE.UU.) es el único sistema de este tipo aprobado por la FDA (Administración de Drogas y Alimentos).

Ofrece diversas ventajas respecto a la cirugía laparoscópica convencional, tales como visión tridimensional, mayor destreza y movilidad, empleo de instrumentos articulados, mayor extensión de movimientos, disminución del efecto fulcro, reducción del temblor y posición ergonómica para el cirujano. Estas mejoras permiten manipular los tejidos y operar de forma más precisa, así como mejorar los resultados obtenidos en los pacientes. (1)

Cirugía Robótica y Formación:

Es de vital importancia mencionar que la primera cirugía robótica con éxito se realizó en 1999. En el 2001 se realizó la primera intervención transoceánica, el cirujano estaba en Nueva York (EE.UU.) y el paciente en Estrasburgo (Francia). La intervención fue una colecistectomía y, pese a la distancia, fue un éxito, haciéndose realidad un sueño de la NASA y del Departamento de Estado Americano, de aplicar una tecnología de telecirugía a distancia. (2)

Por otra parte, a pesar de los numerosos avances tecnológicos, la formación en cirugía se ha mantenido sin cambios durante más de un siglo. Los aspirantes a cirujanos siempre han tenido que adquirir experiencia con el sistema de «ensayo y error supervisado» en pacientes reales. Este planteamiento hace que la formación en cirugía dependa totalmente del número de casos operables disponibles en el momento, prolonga el tiempo de formación y compromete la seguridad del paciente. La cirugía robótica se convertirá en un nuevo medio para adquirir las aptitudes necesarias para operar, gracias a la simulación de todas las intervenciones que pueden realizarse con el robot. Los cirujanos pueden usar robots quirúrgicos para practicar operaciones con simuladores tridimensionales de realidad virtual, y modelos de las partes blandas que recrean la textura de los tejidos humanos a través de sistemas de respuesta de fuerza o *Force Feedback* (la tecnología del tacto o *háptica* hace referencia al tacto o sensación táctil). Las simulaciones guiadas por imágenes permitirán a los cirujanos practicar diferentes intervenciones, gracias a las reconstrucciones tridimensionales de la parte de la anatomía que será objeto de cirugía al día siguiente. (1)

Historia de los Robots

La Historia moderna de la cirugía robótica comienza con el Puma 560, un robot utilizado por Kwoh para realizar biopsias neuroquirúrgicas con mayor precisión. En 1988 Davies al empleó dicho sistema para llevar a cabo una prostatectomía transuretral.

Integrated Surgical Supplies Ltd. (Sacramento, EE.UU.) construyó dos modelos con características similares: PROBOT, un robot diseñado específicamente para la prostatectomía transuretral, y ROBODOC, un sistema robótico para realizar el

vaciado del fémur con mayor precisión en operaciones de sustitución de cadera. Este último se convirtió en el primer robot aprobado por la FDA. En la actualidad se continúa investigando y desarrollando nuevos robots y posibles mejoras en los existentes. (1)

“Cuando me refiero a la robótica debo señalar que me he centrado en los principales sistemas de cirugía robótica que han contribuido al desarrollo de los que se emplean en la actualidad”.

Así mencionaré los siguientes según su tecnología:

- Autónomos: no requieren de intervención humana, actúan por sí solos.
- Teleoperados: requieren del control del cirujano por medio de órdenes introducidas a un ordenador o por medio de una interfaz informática controlada manualmente por éste.

Según sus Aplicaciones:

- Neurocirugía: PUMA 560.
- Ortopedia: ROBODOC.
- Cirugía general: AESOP.
- Urología: da Vinci y PROBOT.
- Cirugía cardíaca: EndoCPB y da Vinci.
- Obstetricia y ginecología: Zeus.
- Oftalmología. (1)

A continuación describiré brevemente de cada uno de los robots, siendo los siguientes los más destacados:

AESOP

El Sistema Endoscópico Automático para Posicionamiento Óptimo (AESOP) fue el primer robot aprobado por la FDA para intervenciones quirúrgicas abdominales, aprobado en 1994. Se trata de un brazo robótico que sujeta una cámara laparoscópica y que puede ser controlado por voz. Las últimas generaciones han añadido 7 rangos de movimiento que simulan la mano humana.

ZEUS

El sistema Zeus es otro tipo de robot moderno lanzado al mercado en 1998, y con el cual se introdujo el concepto de telerrobótica o telepresencia en la cirugía robótica. Está compuesto de una consola de control para el cirujano con un sistema de vídeo tridimensional que proyecta imágenes desde una determinada distancia, y una mesa operatoria con tres brazos robóticos con cuatro rangos de movimiento. Los brazos derecho e izquierdo simulan los brazos del cirujano, mientras que el tercer brazo es un endoscopio robótico AESOP controlado por voz.

El principal inconveniente del sistema ZEUS es el gran tamaño de los brazos robóticos, que limita el espacio en las salas quirúrgicas y causa colisiones entre los trócares. Además, resulta incómoda la necesidad de llevar gafas especiales.(1)

SISTEMA QUIRÚRGICO DA VINCI

La fusión de dos empresas con sede en el Silicon Valley, de California (Computer Motion, INC y Da Vinci Surgical System, de Intuitive), dio lugar a la INTUITIVE SURGICAL INC (2003), cuyo producto final es el sistema de telemanipulación robótica Da Vinci, en honor a Leonardo (1452): artista, inventor, descubridor, astrónomo, pintor, anatomista, ingeniero y militar. (3).

Es el sistema de cirugía robótica más completo y desarrollado. Consta de tres componentes: el carro de visualización, que aloja un equipo de iluminación dual y cámaras dobles de tres chips; la consola del cirujano y el carro móvil, que sostiene los tres brazos para instrumentos y el brazo para la cámara. La consola se compone de dos mandos que controlan los brazos robóticos con 7 rangos de movimiento, un ordenador y un sistema de imágenes en 3D. Un sensor de infrarrojos detecta el momento en que el cirujano introduce la cabeza en la consola, activando inmediatamente los dos mandos y los brazos robóticos.

El sistema de cirugía robótica da Vinci también presenta inconvenientes; el principal de ellos continúa siendo el del tamaño, que limita el espacio en la sala quirúrgica.

También requiere un gran número de delicadas conexiones que se encuentran dentro de la sala de operaciones y que pueden causar accidentes o sufrir daños. Además, intervenciones tales como la resección del intestino, en las que se hace necesario acceder a uno o más cuadrantes abdominales, obliga al montaje y desmontaje de los brazos robóticos, lo cual conlleva un aumento en el tiempo de duración de la operación y de la anestesia. (1)

IMPACTO EN UROLOGÍA Y OTRAS ESPECIALIDADES

La cirugía abierta capaz de hacer grandes exéresis y reparaciones en tejidos frágiles, está siendo paulatinamente sustituida durante esta última década por la laparoscópica, por sus enormes beneficios para el paciente, sin olvidar las dificultades para su aprendizaje por los cirujanos que tienen que suplir estas deficiencias con mayor esfuerzo y estrés. La cirugía robótica viene a suplir las limitaciones de la cirugía laparoscópica convencional haciendo cirugías más ergonómicas y más precisas, sobre todo para aquellas cirugías más complejas y difíciles de acceder como es la Prostatectomía Radical.

Aunque la cirugía robótica se ideó inicialmente para operaciones cardiovasculares, el campo donde ha causado un mayor impacto ha sido en Urología, donde ha demostrado una enorme expansión, con resultados excelentes en distintos tipos de intervenciones como la **PROSTATECTOMÍA RADICAL, NEFRECTOMÍA PARCIAL, NEFRECTOMÍA DE DONANTE VIVO Y LA PIELOPLASTIA**, entre otras.

En menos de una década la Prostatectomía Radical Laparoscópica asistida por Robot se ha convertido en la técnica quirúrgica más utilizada para el tratamiento del cáncer de próstata.

Hoy en día más del 85% de las Prostatectomías Radicales llevadas a cabo en EE.UU. se realizan mediante asistencia robótica, aunque aún quedan escépticos que hacen hincapié en que debe demostrarse con resultados científicamente probados que esta técnica es segura y eficaz.

No obstante, el creciente número de pruebas demuestra que la robótica está a la altura de los niveles de calidad exigidos en el pasado y en el presente para la realización de prostatectomías radicales y que, además, aporta ciertos beneficios como la reducción de la pérdida de sangre y la morbilidad. La cirugía robótica podría representar en un futuro no muy lejano un nuevo estándar de atención quirúrgica para el tratamiento del cáncer de próstata localizado.

La cirugía robótica ha demostrado su utilidad para realizar con buenos resultados la técnica de la pieloplastia en estenosis primarias y secundarias, en niños y adultos y en diferentes etiologías. La robótica permite disminuir las dificultades de la sutura intracorpórea y la curva de aprendizaje para cirujanos no habituados a la laparoscopia. No obstante, aunque la experiencia clínica inicial con la pieloplastia robótica es favorable, se hace necesaria una evaluación continua de los resultados para determinar si este proceder es tan eficaz a largo plazo como lo son la pieloplastia abierta y laparoscópica. (1).

Se han publicado meta-análisis respecto al tratamiento de *Prostatectomía Radical Robot Asistida*, en los que se concluye principalmente la recuperación de la función eréctil utilizando técnica quirúrgica sin cauterio, resultando mejor estadísticamente comparado con la Prostatectomía Radical Retropúbica (PRR), así como una prevalencia de incontinencia urinaria (IU) que oscila entre el 4% al 31%, influyendo en este resultado las características del paciente. (4).

Sin embargo la Urología no es sólo una de las especialidades sobre la cual la robótica ha tenido un fuerte impacto, sino que esta ha provocado cambios notables en otros campos como la Cirugía General, la Cirugía Cardíaca, la Cirugía Torácica, la Neurocirugía, la Ginecología, la Cirugía Otorrinolaringológica, la Cirugía Ortopédica y la Oftalmología.

Todo ello se traduce en **beneficios claros para el paciente**: cirugía mínimamente invasiva, menos complicaciones, casi ausencias de transfusiones sanguíneas, menos medicación para mitigar el dolor, menos estancia hospitalaria y, sobre todo, brevísima convalecencia, haciendo que los pacientes se incorporen a las actividades normales de forma rápida (calidad de vida). La

primera intervención quirúrgica con el robot Da Vinci realizada en España, ha sido precisamente urológica. Concretamente, el 6 de julio de 2005 se realizó la primera Prostatectomía Radical por Cáncer, con una duración de tres horas y media. La número veinte, duró una hora y cuarenta minutos, con excelente satisfacción por parte de los pacientes. Aunque se pueden hacer todas las cirugías urológicas, está principalmente indicada para procedimientos de alta complejidad y necesidad de disección, como es la Prostatectomía Radica por Cáncer, con pelvis estrecha y suturas complejas, permitiendo a su vez una importante preservación de la potencia eréctil y de la continencia urinaria.

Se está avanzando hacia la miniaturización de los instrumentos, empleándose en cirugía pediátrica instrumentos de 8 y de 5 mm. Existe también una óptica de 5 mm, pero no proporciona la visión 3D. (1)

PROCEDIMIENTOS EN UROLOGÍA PEDIÁTRICA

- **Orquidopexia:** El procedimiento es similar al descrito para el abordaje laparoscópico. La cirugía robótica podría utilizarse para los casos difíciles como para los testes intraabdominales altos o para segundos tiempos. La principal ventaja de la robótica, la sutura, es raramente empleada en este procedimiento, pero sí le confiere una gran destreza a aquellos cirujanos con poca experiencia laparoscópica.
- **Nefrectomía:** Como en la orquidopexia robótica, en la nefrectomía simple no se utiliza la ventaja de la sutura. Aunque la nefrectomía laparoscópica está bien establecida en los niños, las ventajas de la robótica, como las imágenes tridimensionales, el incremento de la destreza y la disminución en la curva de aprendizaje, pueden ser ventajas para los principiantes. La nefrectomía puede ser realizada usando abordajes transperitoneal o retroperitoneal, pero el transperitoneal es el realizado más frecuentemente debido al tamaño de los puertos y los brazos del robot.
- **Nefrectomía Parcial:** También se puede realizar mediante un abordaje transperitoneal o retroperitoneal. Una vez más, debido al tamaño de los puertos y de los brazos del robot, los autores prefieren utilizar el abordaje transperitoneal.

- **Pieloplastia:** La pieloplastia laparoscópica con asistencia robótica se puede realizar con abordaje trans o retroperitoneal, y ofrece la ventaja de poder usar una sutura pequeña como 7-0, con eficacia y exactitud.
- **Otros procedimientos:** Muchos procedimientos pueden realizarse mediante cirugía robótica en urología pediátrica, como: pielolitotomía, adrenalectomía, pieloureterostomía, exéresis de restos mülleriano. En estos casos, es difícil determinar exactamente el impacto en la reducción de la morbilidad, pero en todos, la magnificación en la visualización y la destreza son sensiblemente superiores, incluso comparando con la cirugía abierta. Todo esto indica la flexibilidad potencial de este sistema para los distintos desafíos de cada caso, particularmente en el campo de la urología pediátrica donde se necesita una gran variedad de procedimientos quirúrgicos para el cuidado de nuestros pacientes.(2).

La Realidad en nuestro medio:

En nuestro país se realizó la primera cirugía robótica en el hospital Carlos Andrade Marín del IESS, en Quito, el día 18 de marzo del presente año, a través del robot Da Vinci. Se efectuó una histerectomía robótica (extracción del útero) en el área de ginecología que es una de las tres, junto a urología y cirugía general de las que se atenderá.

Pero, aun cuando la cirugía con asistencia robótica ya ha revolucionado la profesión quirúrgica, siguen sin resolverse varios problemas fundamentales que impiden que se extienda más rápidamente y de forma más generalizada. Uno de los temas principales es el precio de los sistemas robóticos y su cobertura por el seguro social.

Desde luego, en vista del éxito de la cirugía laparoscópica durante los últimos 10 años, no queda duda de que se estimulará el empleo de cirugía con asistencia robótica.

El robot Da Vinci, tiene una gran ventaja para los cirujanos expertos en cirugía abierta, no precisan aprendizaje previo ya que los conocimientos en cirugía abierta son fielmente imitados. Los movimientos de los dedos del cirujano son

reproducidos a la perfección por los instrumentos miniaturizados y articulados de los brazos del robot.

Para efectuar cirugía robótica en pacientes, sólo se requieren intervenciones previas en cadáveres y supervisión de las primeras intervenciones por un experto. Se estima que las cirugías abiertas serán paulatinamente sustituidas por la laparoscopia convencional y esta tecnología se convertirá en un proceso de transición hacia la cirugía robótica.

Con respecto a las aplicaciones clínicas, existen seguidores y detractores, pero, en definitiva, imparable su uso en el futuro inmediato, puesto que casi toda la cirugía se realizará con robots. Pero para que ello ocurra es necesario alcanzar:

- 1) Mejorar el precio de los robots quirúrgicos y
- 2) La reducción de su tamaño.
- (3).

A continuación citaré artículos de gran interés científico, teniendo como principal propósito una mejor alternativa de tratamiento para el paciente, ofreciéndole un postoperatorio menos doloroso, disminuyendo el uso de analgésicos y con una pérdida reducida de sangre en comparación a cirugías a cielo abierto; entre otras. Así como también, se toma en cuenta complicaciones que pueden ser derivadas, de la utilización del CO₂ en esta práctica.

Según el artículo publicado por la *Revista Brasileira de Anestesiología* en el año 2014, hace referencia a las complicaciones ventilatorias y por ende, las desventajas desde el punto de vista metabólico, que pueden desencadenarse con la mayor insuflación de CO₂, para provocar el Neumoperitoneo, necesario para la realización de Prostactetomías Robóticas (PR), tomando como base científica un estudio previamente realizado, con un menor número de pacientes, en el cual descarta el aumento de la Acidosis Respiratoria, principalmente. El estudio publicado por dicha revista, fue retrospectivo, se tomó a 53 pacientes, sometidos a PR, en quienes se realizó una mayor insuflación de CO₂, obteniéndose un aumento de la presión intraabdominal (PIA) para facilitar la cirugía y 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. El estudio concluyó en el que 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. 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 rápida. (5).

Por otra parte, una *Revisión Sistemática y Meta-análisis*, publicada en abril del 2014, realizada a partir de 8 estudios basados en el perioperatorio de la Nefrectomía Robótica (NR) vs la Nefrectomía Parcial Abierta (NPA); indicaron que si bien es cierto el tiempo perioperatorio es mucho menor en la NPA, las complicaciones son menores en la NR, así como también una menor estancia hospitalaria, una menor pérdida de sangre y sobre todo la disminución de la conversión a Nefrectomía Radical. (6)

Otra *Revisión Sistemática y Meta-análisis*, publicado en mayo del 2015, en el que se tomaron en cuenta un mayor número de estudios (23 estudios), hace las mismas comparaciones del meta-análisis anteriormente nombrado, obteniéndose como única diferencia que las complicaciones perioperatorias son similares en ambos grupos, manteniéndose igual la estancia hospitalaria, la pérdida de sangre y la Conversión a Nefrectomía Radical. (6)

Casos clínicos en los que la Robótica ha tenido papel protagonista:

La publicación de la Revista Chilena en el año 2013 sobre un caso clínico, denota la importancia y el avance que hemos tenido con el advenimiento de la Robótica, en el que destaca el uso de ésta práctica en un paciente de 51 años, al que se le diagnosticó como un hallazgo en un estudio imagenológico un *Aneurisma con Fístula Arterio-venosa Renal*, algo que según las bibliografías es relativamente infrecuente y por ende las posibilidades de tratamiento son limitadas, teniendo como pronóstico ruptura e infarto renal. Dichas limitaciones de reparación laparoscópica que tradicionalmente se emplean, son principalmente en la dificultad de la técnica, operando en un campo quirúrgico

reducido y profundo; que además, requiere precisión para una cirugía microvascular. Dicho paciente se benefició con la aparición de la cirugía robótica, que ha ido superando las limitaciones de la cirugía laparoscópica. Por lo que ésta técnica ofrece una visión tridimensional y ampliada del campo quirúrgico, con una excelente resolución, y elimina el temblor natural de las manos del cirujano. El paciente fue dado de alta a las 48 horas con resolución completa de su patología comprobada con imágenes postoperatorias. (7).

En junio del 2014, se publicó el *Primer caso en Latinoamérica de Nefrectomía Robótica del Donante vivo para Transplante (realizado en Panamá)*. Ofreciendo mayores ventajas en cuanto a disminución del tiempo de isquemia del injerto reduciéndose a 6 minutos, así como la pérdida estimada de sangre fue de 300 ml, luego del implante, el injerto presentó diuresis inmediata, El donante no requirió narcóticos en el posoperatorio e inició ingesta oral en el postoperatorio inmediato. Hubo un pequeño hematoma a nivel de abdomen inferior y región inguinal izquierda que se manejó de manera conservadora.

A las 48 h postoperatorias el donante presentó una creatinina de 1,4 mg/dl. La creatinina de la receptora a las 48 h fue de 0,8 mg/dl, con una tasa filtración glomerular de 93 ml/min/1,73 m. Ambos pacientes fueron dados de alta a las 72 horas postoperatorias. El donante retornó a sus actividades a los 10 días de la cirugía. Como se puede observar le trae muchas ventajas al donante en comparación a la cirugía que se realiza a cielo abierto. Y así como ya se dijo, la mejor conservación del injerto. (8).

BIBLIOGRAFIA:

- 1.- R. Valero, Y.H. Ko, S. Chauhan, O. Schatloff, A. Sivaraman, R.F. Coelho. Cirugía robótica: Historia e impacto en la enseñanza. Actas Urol. Esp. 2012; 35(9):540–545. Disponible en: [http:// www.elsevier.es/actasuro](http://www.elsevier.es/actasuro)
- 2.- S. Pérez-Bertólez, H.T. Nguyen, C.C. Passerotti, A.B. Retik. Aplicaciones de la cirugía robótica en urología pediátrica. Descripción de los principios técnicos. Cir Pediatr 2012; 22: 3-9. Disponible en: http://secipe.org/coldata/upload/revista/2012_22-3_9.pdf.
- 3.- H. Villavicencio Mavrich. Tecnología de futuro: cirugía robótica Da Vinci. Actas Urol Esp 2015; 29 (10): 919-921.
- 4.- V. E. Corona-Montes. La cirugía robótica como alternativa para el tratamiento del cáncer de próstata de bajo riesgo en México. Rev Mex Urol 2013;73(5):221-222. Disponible en: <http://www.revistamexicanadeurologia.com/Revistas/2013/Espanol/Septiembre-October/03%20E%20CORONA%20MONTES.pdf>.
- 5.- Menekse Oksar, Ziya Akbulut, Hakan Ocal, Mevlana Derya Balbay Orhan Kanbak. Prostatectomía robótica: análisis anestesiológico de cirugías urológicas robóticas, un estudio prospectivo. Rev Bras Anesthesiol. 2014;64(5):307---313. Disponible en: http://www.scielo.br/pdf/rba/v64n5/es_0034-7094-rba-64-05-00307.pdf.
- 6.- Zhenjie, Mingmin, Bing, Chen Cai, Huamao Vosotros. Comparison of Perioperative Outcomes Between Robotic and Laparoscopic Partial Nephrectomy: A Systematic Review and Meta-analysis. EUROPEAN UROLOGY 67 (2015) 891–901. Disponible en: [http://www.europeanurology.com/article/S0302-2838\(14\)01294-9/pdf/comparison-of-perioperative-outcomes-between-robotic-and-laparoscopic-partial-nephrectomy-a-systematic-review-and-meta-analysis](http://www.europeanurology.com/article/S0302-2838(14)01294-9/pdf/comparison-of-perioperative-outcomes-between-robotic-and-laparoscopic-partial-nephrectomy-a-systematic-review-and-meta-analysis).
- 7.- Drs. OCTAVIO A. CASTILLO, MARIANO CUENTAS, RUBÉN VIDANGOS, RODRIGO GUTIÉRREZ, PATRICIO PALAVECINO. **Aneurisma y fístula arterio-venosa renal: manejo quirúrgico laparoscópico asistido por robot.** Rev Chil Cir. Vol 65 - N° 6, Diciembre 2013; pág. 537-540.

8.- Drs. Leticia Ruiz,
Enrique Alemán,
Marcos Young, Marcos
Acosta, Octavio A.
Castillo.

**NEFRECTOMÍA
ROBÓTICA DEL
DONANTE VIVO
PARA TRASPLANTE.
PRIMER CASO EN
LATINOAMÉRICA.**

Actas Urol Esp. 2012;35(9):540-545

Rev Chil Cir. Vol 66 -
Nº 3, Junio 2014; pág.
251-253.

ARTÍCULO ORIGINAL

Cirugía robótica: Historia e impacto en la enseñanza

R. Valero^{a,b,c}, Y.H. Ko^{a,d}, S. Chauhan^a, O. Schatloff^a, A. Sivaraman^a,
R.F. Coelho^{a,e}, F. Ortega^{f,c}, K.J. Palmer^{a,b}, R. Sanchez-Salas^{f,b}, H. Davila^b,
X. Cathelineau^f y V.R. Patel^{a,*}

^a Global Robotics Institute, Florida Hospital Celebration Health, Celebration, Florida, EE.UU

^b Departamento de Urología, Hospital Universitario de Caracas, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

^c Robotic Fellow, Confederación Americana de Urología (CAU), Miami, Florida

^d Departamento de Urología, Escuela Universitaria Coreana de Medicina, Seúl, Corea

^e Hospital das Clinicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Divisão de Urologia, São Paulo, Brasil

^f Departamento de Urología, L'Institut Mutualiste Montsouris, París, Francia

Recibido el 29 de marzo de 2011; aceptado el 9 de abril de 2012

Accesible en línea el 21 de junio de 2012

PALABRAS CLAVE

Robótica;
Cirugía;
Historia;
Sistemas quirúrgicos;
AESOP;
ZEUS;
Enseñanza;
Futuro

KEYWORDS

Robotics;
Surgery;
History;
Surgical systems;
AESOP;
ZEUS;
Teaching;
Future

Resumen

Contexto: El objetivo de este artículo es hacer una revisión de la Historia de la cirugía robótica, su impacto en la enseñanza, así como una descripción de los robots antiguos y actuales usados en el campo médico.

Resumen de evidencia: Aunque la historia de la robótica tiene 2.000 años o más, las últimas dos décadas han mostrado una marcada revolución en Medicina, debido a todos los cambios que la cirugía robótica ha provocado en la manera de hacer, enseñar y practicar cirugía.

Conclusiones: La cirugía robótica ha evolucionado hasta ser un campo aparte, con un enorme potencial para su futuro desarrollo. Los resultados muestran hasta ahora que esta tecnología es capaz de ofrecer buenos resultados y un adecuado tratamiento a los pacientes.

© 2012 AEU. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Robotic Surgery: History and Teaching Impact

Abstract

Context: The purpose of this article is to review the history of robotic surgery, its impact on teaching as well as a description of historical and current robots used in the medical arena.

Summary of evidence: Although the history of robots dates back to 2000 years or more, the last two decades have seen an outstanding revolution in medicine, due to all the changes that robotic surgery has made in the way of performing, teaching and practicing surgery.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: vipul.patel.md@flhosp.org (V.R. Patel).

Conclusions: Robotic surgery has evolved into a complete and self-contained field, with enormous potential for future development. The results to date have shown that this technology is capable of providing good outcomes and quality care for patients.
© 2012 AEU. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La cirugía robótica está considerada por muchos autores como el futuro de la cirugía debido a los importantes avances que ha experimentado y al gran impacto causado durante las últimas dos décadas. Su desarrollo ha sido rápido, y ha demostrado poseer numerosas ventajas que ayudan a la mejora de las técnicas quirúrgicas. Asimismo, gracias a la cirugía robótica se han producido cambios en la práctica y la enseñanza de la cirugía.

El sistema quirúrgico Da Vinci® (desarrollado por Intuitive Surgical Sunnyvale, CA, EE.UU.) es el único sistema de este tipo aprobado por la FDA. Ofrece diversas ventajas respecto a la cirugía laparoscópica convencional, tales como visión tridimensional, mayor destreza y movilidad, empleo de instrumentos articulados, mayor extensión de movimientos, disminución del efecto fulcro, reducción del temblor y posición ergonómica para el cirujano. Estas mejoras permiten manipular los tejidos y operar de forma más precisa, así como mejorar los resultados obtenidos en los pacientes. El objetivo del presente artículo es estudiar la Historia de la cirugía robótica, su evolución y las mejoras alcanzadas en lo que respecta a la enseñanza y la práctica de la cirugía.

Historia de la robótica

En 1921 Karel Capek introdujo la noción y el término «robot» en su obra *Robots Universales Rossum*^{1,2}. Dicho término proviene de la palabra checa «robota», que significa «trabajo». Años más tarde, en 1942, Isaac Asimov se inspiró en el trabajo de Capek para definir el término «robótica», estableciendo las tres leyes de la robótica en sus obras *Círculo vicioso* y *Yo, robot*³⁻⁵. A pesar de que el término «robótica» es relativamente nuevo, las máquinas autónomas datan del año 400 a.C., cuando Arquitas de Tarento construye el primer artefacto de vuelo autopropulsado: un pájaro de madera que funcionaba con vapor y que era capaz de recorrer 200 metros⁶.

Sin embargo, el primer robot capaz de imitar los movimientos humanos de la mandíbula, los brazos y el cuello fue diseñado por Leonardo da Vinci en 1495, al cual llamaría «Caballero Mecánico» (fig. 1). Este invento sirvió como inspiración a Gianello Turriano, quien construyó en 1540 una muñeca que tocaba la mandolina⁷.

En 1772 «El Escritor» de Jaquet Droz fue el primer autómatas que contaba con una rueda programable integrada que permitía al usuario escribir lo que quisiera utilizando una pluma. Al fijar esta rueda a una pluma «El Escritor» podía escribir frases completas, respetando los espacios entre líneas y entre palabras, e incluso los signos de puntuación, tarea que hasta entonces sólo había sido llevada a cabo por humanos³ (fig. 2).



Figura 1 El Caballero mecánico de Leonardo da Vinci.

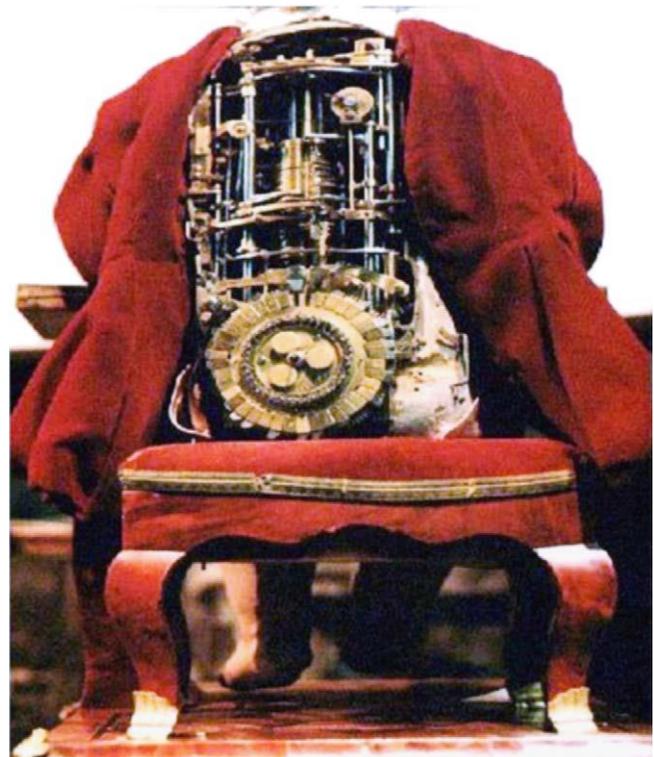


Figura 2 El escritor, primer androide de Jaquet-Droz.

El impacto de la robótica en la Medicina ha propiciado el desarrollo de nuevos aspectos de esta ciencia, tales como la telecirugía (cirugía que permite al cirujano operar a distancia). En 2001 el doctor Marecaux llevó a cabo la primera operación telerrobótica (el cirujano se encuentra sentado frente a una consola de ordenador en una ubicación distinta de la del paciente) mediante el sistema quirúrgico ZEUS®. Se trataba de una colecistectomía realizada por cirujanos ubicados en Nueva York (EE.UU.) a un paciente de 62 años con coleditiasis ingresado en Estrasburgo (Francia)⁸.

Los robots en la actualidad

La Historia moderna de la cirugía robótica comienza con el Puma 560®, un robot utilizado por Kwoh et al para realizar biopsias neuroquirúrgicas con mayor precisión⁸⁻¹⁰. En 1988 Davies et al emplearon dicho sistema para llevar a cabo una prostatectomía transuretral^{10,11}.

Integrated Surgical Supplies Ltd. (Sacramento, EE.UU.) construyó dos modelos con características similares: PROBOT®, un robot diseñado específicamente para la prostatectomía transuretral, y ROBODOC®, un sistema robótico para realizar el vaciado del fémur con mayor precisión en operaciones de sustitución de cadera¹. Este último se convirtió en el primer robot aprobado por la FDA^{1,3}.

En la actualidad se continúa investigando y desarrollando nuevos robots y posibles mejoras en los existentes. Cuando nos referimos a la robótica debemos señalar que nos hemos centrado en los principales sistemas de cirugía robótica que han contribuido al desarrollo de los que se emplean en la actualidad.

AESOP®

El sistema endoscópico automático para posicionamiento óptimo (AESOP®) fue el primer robot aprobado por la FDA para intervenciones quirúrgicas abdominales^{3,12,13}, diseñado por Computer Motion, Santa Bárbara, CA (EE.UU.) y aprobado en 1994. Se trata de un brazo robótico que sujeta una cámara laparoscópica y que puede ser controlado por voz. Las últimas generaciones han añadido 7 rangos de movimiento que simulan la mano humana^{14,15}.

ZEUS®

El sistema Zeus® (Computer Motion, Santa Bárbara, CA, EE.UU.) es otro tipo de robot moderno lanzado al mercado en 1998, y con el cual se introdujo el concepto de telerrobótica o telepresencia en la cirugía robótica³. Está compuesto de una consola de control para el cirujano con un sistema de vídeo tridimensional que proyecta imágenes desde una determinada distancia, y una mesa operatoria con tres brazos robóticos con cuatro rangos de movimiento. Los brazos derecho e izquierdo simulan los brazos del cirujano, mientras que el tercer brazo es un endoscopio robótico AESOP® controlado por voz¹⁶.

El principal inconveniente del sistema ZEUS® es el gran tamaño de los brazos robóticos, que limita el espacio en las salas quirúrgicas y causa colisiones entre los trócares.

Además, resulta incómoda la necesidad de llevar gafas especiales.

Sistema quirúrgico da Vinci®

Es el sistema de cirugía robótica más completo y desarrollado. Consta de tres componentes: el carro de visualización, que aloja un equipo de iluminación dual y cámaras dobles de tres chips; la consola del cirujano y el carro móvil, que sostiene los tres brazos para instrumentos y el brazo para la cámara. La consola se compone de dos mandos que controlan los brazos robóticos con 7 rangos de movimiento, un ordenador y un sistema de imágenes en 3D. Un sensor de infrarrojos detecta el momento en que el cirujano introduce la cabeza en la consola, activando inmediatamente los dos mandos y los brazos robóticos.

El sistema de cirugía robótica da Vinci® también presenta inconvenientes; el principal de ellos continúa siendo el del tamaño, que limita el espacio en la sala quirúrgica. También requiere un gran número de delicadas conexiones que se encuentran dentro de la sala de operaciones y que pueden causar accidentes o sufrir daños. Además, intervenciones tales como la resección del intestino, en las que se hace necesario acceder a uno o más cuadrantes abdominales, obliga al montaje y desmontaje de los brazos robóticos, lo cual conlleva un aumento en el tiempo de duración de la operación y de la anestesia¹⁷.

Impacto en la enseñanza

La cirugía robótica no sólo ha cambiado la forma de practicar la cirugía, sino que ha renovado la forma de enseñar y de aprender a operar. Ha entrado a formar parte de los programas de cirugía en todo el mundo, se ha utilizado para la enseñanza de la cirugía y para la práctica con modelos virtuales tridimensionales en lugar de pacientes.

Cirugía robótica y formación

A pesar de los numerosos avances tecnológicos, la formación en cirugía se ha mantenido sin cambios durante más de un siglo. Los aspirantes a cirujanos siempre han tenido que adquirir experiencia con el sistema de «ensayo y error supervisado» en pacientes reales. Este planteamiento hace que la formación en cirugía dependa totalmente del número de casos operables disponibles en el momento, prolonga el tiempo de formación y compromete la seguridad del paciente^{18,19}. La cirugía robótica se convertirá en un nuevo medio para adquirir las aptitudes necesarias para operar, gracias a la simulación de todas las intervenciones que pueden realizarse con el robot. Los cirujanos pueden usar robots quirúrgicos para practicar operaciones con simuladores tridimensionales de realidad virtual, y modelos de las partes blandas que recrean la textura de los tejidos humanos a través de sistemas de respuesta de fuerza o *Force Feedback* (la tecnología del tacto o *háptica* hace referencia al tacto o sensación táctil)^{18,20,21}. Las simulaciones guiadas por imágenes permitirán a los cirujanos practicar diferentes intervenciones, gracias a las reconstrucciones tridimensionales de la

parte de la anatomía que será objeto de cirugía al día siguiente²²⁻²⁴.

La cirugía por telepresencia (donde el cirujano opera de manera virtual mediante telecomunicación, desde una ubicación física alejada del paciente) ha sido utilizada satisfactoriamente para la enseñanza de la cirugía a estudiantes de tercer curso de Medicina que fueron guiados en clase por mentores a distancia^{18,25}.

Se espera que estos sistemas perfeccionen el proceso de aprendizaje, permitiendo a los estudiantes adquirir aptitudes quirúrgicas en un periodo de tiempo reducido, a la vez que se mejora la seguridad del paciente al evitar errores en las intervenciones¹⁹. En última instancia estas aplicaciones pasarán a formar parte integral de la formación y la acreditación de cirujanos, y proporcionarán los medios objetivos para evaluar las aptitudes quirúrgicas²⁶.

Se espera que la tecnología robótica desempeñe un papel cada vez más importante en el futuro de la cirugía. Sin embargo, la mayor parte de los programas de residencia en Estados Unidos aún no se han centrado en la formación en cirugía robótica como deberían^{18,19}. Un estudio realizado en 2002 indicaba que sólo el 23% de los directores de programas de cirugía tenía previsto incorporar la robótica a sus programas²⁷. En 2003 otro estudio realizado por el mismo grupo reveló que aunque el 57% de los residentes de cirugía mostraba interés por la cirugía robótica, la mayoría (80%) no contaba con un programa de formación en cirugía robótica en las instituciones en que estudiaba²⁸. Son pocos los centros académicos que han desarrollado una didáctica formal que enseñe a los alumnos a practicar este tipo de cirugía²⁹.

Son los hospitales los que acaban por ser responsables de garantizar las competencias necesarias para llevar a cabo intervenciones robóticas. Se espera que, a medida que avance la formación académica en cirugía robótica, se requiera una certificación normalizada para la obtención de estas prerrogativas quirúrgicas^{18,30}.

Impacto en Urología y otras especialidades

Aunque la cirugía robótica se ideó inicialmente para operaciones cardiovasculares, el campo donde ha causado un mayor impacto ha sido en Urología, donde ha demostrado una enorme expansión, con resultados excelentes en distintos tipos de intervenciones como la prostatectomía radical, la nefrectomía parcial, la nefrectomía de donante vivo y la pieloplastia, entre otras muchas.

En menos de una década la prostatectomía radical laparoscópica asistida por robot se ha convertido en la técnica quirúrgica más utilizada para el tratamiento del cáncer de próstata. En 2009 el número de prostatectomías robóticas realizadas ya superaba las 60.000, debido al entusiasmo por parte de los médicos, el interés de los pacientes y unas eficaces campañas de promoción comercial³¹.

Hoy en día más del 85% de las prostatectomías radicales llevadas a cabo en EE.UU. se realizan mediante asistencia robótica³², aunque aún quedan escépticos que hacen hincapié en que debe demostrarse con resultados científicamente probados que esta técnica es segura y eficaz, más allá de las especulaciones, las promesas o la mercadotecnia.

No obstante, el creciente número de pruebas demuestra que la robótica está a la altura de los niveles de calidad



Figura 3 El dV-Trainer™ de Mimic.

exigidos en el pasado y en el presente para la realización de prostatectomías radicales y que, además, aporta ciertos beneficios como la reducción de la pérdida de sangre y la morbilidad. La cirugía robótica podría representar en un futuro no muy lejano un nuevo estándar de atención quirúrgica para el tratamiento del cáncer de próstata localizado³².

La Urología no es sólo una de las especialidades sobre la cual la robótica ha tenido un fuerte impacto, sino que esta ha provocado cambios notables en otros campos como la Cirugía general, la Cirugía cardíaca, la Cirugía torácica, la Neurocirugía, la Ginecología, la Cirugía otorrinolaringológica, la Cirugía ortopédica y la Oftalmología.

Formación virtual y cirugía robótica

Otro aspecto importante de la robótica es que puede ser utilizada para la formación virtual. Existen algunos simuladores y software que permiten a los cirujanos practicar algunas intervenciones tantas veces como sea necesario antes de llevarlas a cabo en un paciente real.

Mimic Technologies, Inc. es una de las compañías especializadas en robots para la enseñanza virtual, habiendo creado sistemas como: Mimic's dV-Trainer™, un «simulador de vuelo» para cirugía robótica diseñado para impartir clases de formación por encargo a cirujanos que estén aprendiendo a operar con el sistema quirúrgico da Vinci³¹ (fig. 3). Mimic's Mantis Duo™ es un sistema de entrenamiento con dos manos que ofrece una amplia gama de aplicaciones de simulación relacionadas con la tecnología del tacto, incluyendo cirugía abierta y robótica con un sistema de respuesta de fuerza de alta calidad y poca sobrecarga en el PC servidor³³.

RoSS™ es otro modelo de simulador de cirugía robótica de Simulated Surgical Systems LLC, que se vale de la realidad virtual para introducir al usuario en la operación a través de una consola de cirugía robótica, que ofrece una experiencia similar a trabajar con la consola de mandos del sistema quirúrgico da Vinci³⁴.

Existen publicaciones sobre los programas de simulación laparoscópica que adaptan a los formandos en realidad virtual para mejorar su capacidad de desarrollar aptitudes quirúrgicas. Feifer et al (2010) han desarrollado un ensayo aleatorizado con grupo control empleando LapSim® [LSM], así como el sistema inanimado McGill para formación y evaluación de las habilidades laparoscópicas (MISTELS®)

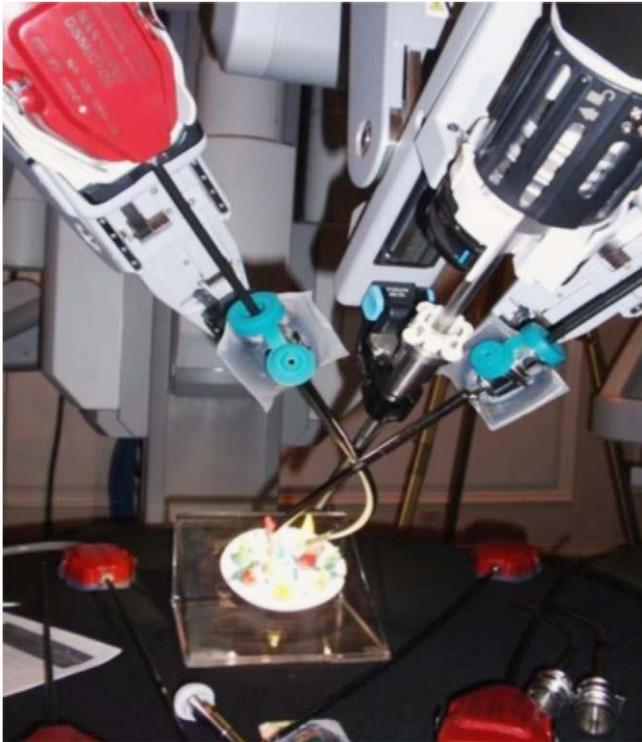


Figura 4 Cirugía laparoscópica por puerto único mediante la plataforma da Vinci®.

utilizando la aplicación híbrida de realidad aumentada ProMIS® [PM]³⁵. Además, las aplicaciones del sistema MISTELS pueden adaptarse a la plataforma da Vinci®.

Robótica para laparoendoscopia por puerto único

La laparoendoscopia por puerto único (LESS) es una nueva técnica de cirugía que permite llevar a cabo cirugía mayor sin cicatrices (con incisiones mínimas) y que puede considerarse como el último avance en cirugía laparoscópica, con resultados óptimos en los más de 400 casos registrados^{36,37}. En esta intervención transabdominal se realiza una única incisión en el ombligo, que permite acceder al abdomen y prácticamente deja oculta la misma^{36,37}.

Las dos grandes dificultades que presenta este sistema son el choque de instrumentos y la pérdida de triangulación, con una limitación de la maniobrabilidad de los instrumentos. La principal ventaja del Sistema Quirúrgico da Vinci® para LESS es la fácil articulación, gracias a los instrumentos EndoWrist, además de la visualización tridimensional, el movimiento a escala y la reducción del temblor^{36,37} (fig. 4).

El sistema LESS está evolucionando, y la asistencia robótica y otros avances tecnológicos también podrían ayudar a lograr estas mejoras. En lo que respecta a la Urología el sistema LESS ha sido utilizado para la realización de nefrectomía, adrenalectomía, crioablación renal, pieloplastia, interposición ileal, ureteroneocistostomía, varicoceleto- mía, prostatectomía radical, prostatectomía simple, y cistoprostatectomía radical³⁶.

¿Qué viene después? Perspectiva de futuro

Aunque el futuro es incierto en muchos aspectos de la vida, en lo que respecta a la cirugía robótica parece no ser así. Cada día nacen nuevas características y modelos que continúan mejorando los sistemas robóticos actuales.

Los futuros robots

La cirugía robótica se ha venido desarrollando durante los últimos 10 años hacia un método de tratamiento de probada eficacia y expansión. Titan Medical Inc. es una compañía canadiense (TSX VENTURE:TMD) especializada en tecnologías de cirugía robótica que actualmente está trabajando en Amadeus™, un robot quirúrgico de 4 brazos con algunas características especiales, como brazos multi-articulados, comunicaciones, sistemas de visión mejorados y de respuesta de fuerza^{37,38}.

El sistema de respuesta de fuerza es una excepcional característica de este equipo de cirugía robótica. Permite eliminar y corregir uno de los principales problemas que aún presentan los sistemas robóticos actuales: una ausencia de tacto que impide al cirujano sentir o saber la cantidad de fuerza que necesita para tirar de los tejidos sin romperlos o dañarlos. La investigadora de la Technische Universiteit de Eindhoven, Linda van den Bedem, publicó un informe en *Science Daily* sobre el desarrollo de un robot quirúrgico más compacto llamado Sophie, que emplea la respuesta de fuerza para transmitir sensaciones al cirujano sobre lo que está realmente haciendo³⁹. Otro aspecto que ha sido investigado es la posibilidad de controlar los sistemas de cirugía robótica mediante inteligencia artificial. En 2010 varios bioingenieros de la Duke University demostraron que un robot es capaz de localizar una lesión en órganos humanos simulados sin ayuda humana, así como guiar un dispositivo hasta la lesión y tomar muestras múltiples de ese punto durante una sola sesión (Duke Robot Biopsy Guided by 3-D Ultrasound). Los investigadores creen que cuando esta tecnología avance notablemente los robots podrán llevar a cabo de manera autónoma algunas de las tareas quirúrgicas más sencillas⁴⁰.

No obstante, esta carrera aún no ha terminado, puesto que todavía quedan muchos retos por afrontar, siendo el siguiente paso el empleo de los nanorrobots. Se trata de robots del tamaño de una célula que pueden introducirse en el flujo sanguíneo para eliminar células cancerígenas, reparar tejidos o captar radicales tóxicos, todo ello guiado por control remoto.

Conclusiones

La Historia de la robótica ha seguido una rápida evolución durante la última década. A partir de esta tecnología han surgido nuevos conceptos como la telecirugía, la simbiosis de imágenes o la formación virtual.

La cirugía robótica ha desarrollado y mejorado diversas técnicas quirúrgicas en especialidades como la Urología, la Cirugía general y la Ginecología, entre otras. Además, la robótica ha proporcionado resultados que han cambiado la forma de practicar y enseñar cirugía, estableciendo

nuevos modelos de tratamiento y demostrando que es capaz de mantenerse y evolucionar. También ha facilitado y aumentado el uso de una cirugía no invasiva, gracias a tecnologías como LESS.

En lo que respecta a la cirugía robótica aún queda mucho por investigar y desarrollar, pero los resultados obtenidos son positivos, y parece que es sólo cuestión de tiempo hasta que la cirugía robótica se convierta en el procedimiento de referencia para un número importante de intervenciones quirúrgicas.

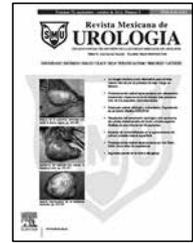
C o n f l i c t o d e i n t e r e s e s

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

B i b l i o g r a f í a

1. Satava RM. Surgical robotics: the early chronicles: a personal historical perspective. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2002;12:6–16.
2. Felger JE, Nifong L. The evolution of and early experience with robot assisted mitral valve surgery. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2002;12:58–63.
3. Kalan S, Chauhan S, Coelho R, Orvieto M, Camacho I, Palmer K, et al. History of robotics surgery. *J Robotic Surg.* 2010;4:141–7.
4. Asimov I. *I, robot.* Greenwich, CT: Fawcett; 1950.
5. Asimov I. *Runaround. Astounding science fiction.* New York: Street & Smith Publications Inc; 1942.
 6. Patel V. *Robotic urologic surgery.* 1st ed. London: Springer; 2007. p. 2.
 7. García-Diego JA. *Los relojes y autómatas de Juanelo Turriano. Monografías Españolas de Relojería.* Madrid: Tempos Fugit; 1982. p. 55–60.
8. Marescaux J, Leroy J, Rubino F, Smith M, Vix M, Simone M, et al. Transcontinental Robot-Assisted Remote Telesurgery: feasibility and Potential Applications. *Ann Surg.* 2002;235:487–92.
9. Kwoh Y, Hou J, Jonckheere E, Hayati S. A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1988;35:153–61.
10. Davies B. A review of robotics in surgery. *Proc Inst Mech Eng.* 2000;214:129–40.
11. Schurr MO, Buess G, Neisius B, Voges U. Robotics and telemanipulation technologies for endoscopic surgery: a review of the ARTEMIS project. Advanced robotic telemanipulator for minimally invasive surgery. *Surg Endosc.* 2000;14:375–81.
12. Unger S, Unger H, Bass R. AESOP robotic arm. *Surg Endosc.* 1994;8:1131.
13. Cordova A, Ballantyne G. Robotics surgical systems to abdominal surgery. *Rev Gastroenterología Peru.* 2003;23:50–66.
14. Sackier JM, Wang Y. Robotically assisted laparoscopic surgery: from concept to development. *Surg Endosc.* 1994;8:63–6.
15. Allaf M, Jackman S, Schulam P, Cadeddu J, Lee B, Moore R, et al. Laparoscopic visual field: voice vs foot pedal interfaces for control of the AESOP robot. *Surg Endosc.* 1999;12:1415–8.
16. Lanfranco A, Castellanos A, Desai J, Meyers W. Robotic Surgery: A Current Perspective: Background and History of Surgical Robots. *Ann Surg.* 2004;239:14–21.
17. Gyung TS, Gill IS. Robotic Laparoscopic Surgery a comparison of the da Vinci and Zeus Systems. *Urology.* 2001;58:893–8.

18. Morris B. Robotic Surgery: Applications, Limitations, and impact on Surgical Education. *Medscape General Medicine*. 2005;7:72.
19. Gómez G. *Emerging Technology in surgery: informatics, electronics, robotics. Sabiston Textbook of Surgery*. 17th ed. Philadelphia, Pa: Elsevier Saunders; 2004.
20. Suzuki S, Suzuki N, Hayashibe M, Hattori A, Konishi K, Kakeji Y, et al. Tele-surgical simulation system for training in the use of da Vinci surgery. *Stud Health Technol Inform*. 2005;111:543-8.
21. Satava RM. Virtual reality, telesurgery, and the new world order of medicine. *J Image Guid Surg*. 1995;1:12-6.
22. Weiss H, Ortmaier T, Maass H, Hirzinger G, Kuehnafel U. A virtual-reality-based haptic surgical training system. *Comput Aided Surg*. 2003;8:269-72.
23. Marescaux J, Solerc L. Image-guided robotic surgery. *Semin Laparosc Surg*. 2004;11:113-22.
24. Hattori A, Suzuki N, Hayashibe M, Suzuki S, Otake Y, Tajiri H, et al. Development of a navigation function for an endoscopic robot surgery system. *Stud Health Technol Inform*. 2005;111:167-71.
25. Kaufmann C, Rhee P, Burris D. Telepresence surgery system enhances medical student surgery training. *Stud Health Technol Inform*. 1999;62:174-8.
26. Ro CY, Toumpoulis IK, Ashton Jr RC, Imielinska C, Jebara T, Shin S, et al. A novel drill set for the enhancement and assessment of robotic surgical performance. *Stud Health Technol Inform*. 2005;111:418-21.
27. Donias HW, Karamanoukian RL, Glick PL, Bergsland J, Karamanoukian HL. Survey of resident training in robotic surgery. *Am Surg*. 2002;68:177-81.
28. Patel Y, Donias H, Boyd D, Pande R, Amodeo J, Karamanoukian R, et al. Are you ready to become a robo-surgeon? *Am Surg*. 2003;69:599-603.
29. Chitwood W, Nifong L, Chapman W, Felger J, Bailey B, Ballint T, et al. Robotic surgical training in an academic institution. *Ann Surg*. 2001;234:475-84.
30. Ballantyne GH, Kelley Jr WE. Granting clinical privileges for telerobotic surgery. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*. 2002;12:17-25.
31. Pruthi R, Wallen E. Current Status of Robotic Prostatectomy: Promises Fulfilled. *J Urol*. 2009;181:2420-3.
32. Kolata G. Results Unproven, Robotic Surgery Wins Converts. *The New York Times*. 14 de Feb de 2010. Disponible en: <http://www.nytimes.com/2010/02/14/health/14robot.html?>
33. Mimic Technology. website. Disponible en: <http://www.mimic.ws/>.
34. Simulated surgical systems. Website. Disponible en: <http://www.simulatedsurgicals.com/hardware.html>.
35. Feifer A, Al-Ammari A, Kovac E, Delisle J, Carrier S, Anidjar M. Randomized controlled trial of virtual reality and hybrid simulation for robotic surgical training. *J Urol*. 2010;183:423.
36. Stein R, White W, Goel R, Irwin B, Haber G, Kaouk J, et al. Robotic Laparoendoscopic Single-Site Surgery Using GelPort as the Access Platform. *Eur Urol*. 2010;57:132-6.
37. White M, Haber G, Autorino R, Khanna R, Forest S, Yang B, et al. Robotic Laparoendoscopic Single-Site Radical Prostatectomy: Technique and Early Outcomes. *Eur Urol*. 2010;58:544-50.
38. Titan medical INC. website. Disponible en: <http://www.titanmedicalinc.com>.
39. Van den Bedem L. *Science Daily*. Disponible en: <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/09/100928083848.htm>.
40. Duke University office of news and communications. Disponible en: <http://www.dukenews.duke.edu/2010/07/roboto.html>.



Editorial

La cirugía robótica como alternativa para el tratamiento del cáncer de próstata de bajo riesgo en México

Robotic surgery as an alternative for the treatment of prostate cancer at low risk in Mexico

El estado actual de la cirugía robótica en el mundo es una constante evolución, misma que desde su autorización por la Fda en el año 2000 ha dejado una inmensa cantidad de revisiones de la literatura, en base a la gran cantidad de publicaciones que se realizan en las asociaciones más importantes como la *American Urological Association* y la *European Association of Urology*, mismas que cuentan con sus respectivas secciones para el área de cirugía robótica, así como múltiples revistas de carácter internacional en las que encontramos diversos temas sobre su aplicación, principalmente en la prostatectomía radical asistida por robot, así como la nefrectomía parcial robot asistida, esto sin considerar a su vez la cistectomía radical y una importante y creciente área de cirugía robótica reconstructiva y microcirugía robot asistida (reconexión de deferentes).

La cirugía robótica

remonta su historia al año de 1495, en el que Leonardo da Vinci creara a su caballero mecánico y desde ese momento el hombre se ha dedicado a la búsqueda de la facilitación de actividades tanto bélicas como de comunicación, transporte, aviación, espacial y por supuesto quirúrgica, reconociéndose como manipuladores multifuncionales reprogramables de los cuales se espera lograr mover materiales, partes, herramientas o bien especializados en realizar tareas particulares; siempre realizando estas funciones operados por un humano, se generan 3 niveles de funcionalidad, habilidad

para realizar maniobras de forma reprogramada e interpretar y modificar respuestas con comandos basado en la experiencia y el aprendizaje¹.

El término "robot" fue utilizado por primera vez por Karel Capek (escritor checo), en un relato de ciencia ficción en el año 1921, éste utilizó el término "robota" del checo esclavo, nombrando a un androide metálico diseñado por el hombre para su servicio¹.

además, Isaac Asimov estableció las reglas de la robótica por primera vez en el relato *Runaround* (1942), establecen lo siguiente:

1. Un robot no puede hacer daño a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daño.
2. Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto si estas órdenes entrasen en conflicto con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la primera o segunda ley².

En 1990, la empresa raMS (*Robotic Assisted Micro Surgery*) comenzó a desarrollar un robot con la destreza suficiente para realizar movimientos microquirúrgicos a distancia (telecirugía). En 1994 desarrollan un primer brazo robótico y un año más tarde, en 1995 se crea Intuitive Surgical inc. fusionada a Computer Motion inc. en 2003, dando lugar en la actualidad al sistema quirúrgico da Vinci Si®.

Prostatectomía radical laparoscópica asistida por robot

Se utilizó por primera vez por Binder J. en prostatectomía radical en mayo de 2000 en Frankfurt, Alemania. Siguió su desarrollo en los Estados Unidos en noviembre de 2000 en Richmond, Va. En México, por primera vez fue realizada en 2006 por el dr. López Verdugo en Monterrey.

Se han publicado meta-análisis respecto al tratamiento de prostatectomía radical robot asistida, en los que se concluye principalmente la recuperación de la función eréctil utilizando técnica quirúrgica sin cauterio, resultando mejor estadísticamente comparado con la prostatectomía radical retropúbica (Prr), así como una prevalencia de incontinencia urinaria (IU) que oscila entre el 4% al 31%, influyendo en este resultado las características del paciente, la experiencia del cirujano y la técnica empleada, siendo además reconocidas ventajas la disminución del tiempo quirúrgico, la disminución de las tasas de transfusión por un sangrado transoperatorio menor, al igual que una pronta recuperación y una menor estancia hospitalaria³⁻⁵.

Finalmente, a 8 años de la primera prostatectomía radical laparoscópica asistida con robot en México (Monterrey), se cuenta con un sistema quirúrgico da Vinci Si® en la Ciudad de México, creándose el Centro de Cirugía robótica perteneciente al Grupo Ángeles Pedregal, realizándose una prostatectomía radical laparoscópica asistida con robot el pasado 9 de septiembre de 2013, por los urólogos dr. Víctor Enrique Corona Montes, dr. Alejandro Rueda Loaiza y dr.

Luis Fernando Quinzaños, con esto se espera que el acceso a esta tecnología permita lograr un crecimiento en las técnicas quirúrgicas que ya se aplican en Urología y que la Cirugía robótica en México, alcance excelentes programas para el beneficio de los pacientes y de la Urología Mexicana.

Dr. Víctor Enrique Corona-Montes Urólogo adscrito Hospital General de México “dr. Eduardo Liceaga”

Bibliografía

1. Yates dr, Vaessen C, roupret M. From Leonardo to da Vinci: the history of robot-assisted surgery in urology. academic Urology department, la Pitié-Salpêtrière Hospital, Paris. J U int 2011;108(11):1708-1713.
2. asimakopoulos a, Corona VE, Gaston r. robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy with intrafascial dissection of the neurovascular bundles and preservation of the pubovesical complex. a step-by-step description of the technique. J Endourol 2012;26(12):1578-1585.
3. Ficarra V, Novara G, ahlering t, et al. Systematic review and Meta-analysis of Studies reporting Potency rates after robot-assisted radical Prostatectomy. Eur Urol 2012;62:418-430.
4. Ficarra V, Novara G, rosen r, et al. Systematic review and Meta-analysis of Studies reporting Urinary Continence recovery after robot-assisted radical Prostatectomy. Eur Urol 2012;62:405-417.



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 g/mL de remifentanilo (0,1 g/kg/min) y sevoflurano (2 MAC), 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- CO_2) 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

<i>Pre-desentubación</i>	
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	
<i>Pos-desentubación y en quirófano</i>	
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 ± 7,33; el índice de masa corporal 27,30 ± 3,97; el índice metabólico basal 27,30 ± 3,97; y la puntuación del estado físico ASA, 72 ± 0,59 para el grupo de estudio. Con relación a las variables quirúrgicas, el tiempo de cirugía fue 217,04 ± 80,73 min; el tiempo de Trendelenburg 262,45 ± 75,93 min; la pérdida de sangre 262,60 ± 50,00 mL; fluidos totales administrados 1.680 ± 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 ≥ 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 neuropaxia (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 desventilación 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,

C

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 apertura venosos, y podrían existir situaciones que facilitarían 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

1. Bhandari A, McIntire L, Kaul SA, et al. Perioperative complications of robotic radical prostatectomy after the learning curve. *J Urol*. 2005;174:915-8.
2. Raboy A, Ferzli G, Albert P. Initial experience with extraperitoneal endoscopic radical retropubic prostatectomy. *Urology*. 1997;50:849-53.

C

3. Pruthi RS, Nielsen ME, Nix J, et al. Robotic radical cystectomy for bladder cancer: surgical and pathological outcomes in 100 consecutive cases. *J Urol.* 2010;183:510-4.
4. Sandlin D. Robotic assisted prostatectomy. *J Perianesth Nurs.* 2004;19:114-6.
5. Menon M, Hemal AK, Tewari A, et al. Nerve-sparing robot- assisted radical cystoprostatectomy and urinary diversion. *BJU Int.* 2003;92:232-6.
6. Goodale RL, Beebe DS, McNevin MP, et al. Hemodynamic, respi- ratory, and metabolic effects of laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg.* 1993;166:533-7.
7. Kalmar AF, Foubert L, Hendrickx JF, et al. Influence of steep Trendelenburg position and CO₂ pneumoperitoneum on cardio- vascular, cerebrovascular, and respiratory homeostasis during robotic prostatectomy. *Br J Anaesth.* 2010;104:433-9.
8. Phong SV, Koh LK. Anaesthesia for robotic-assisted radical pros- tatectomy: considerations for laparoscopy in the Trendelenburg position. *Anaesth Intensive Care.* 2007;35:281-5.
9. Cunningham AJ, Brull SJ. Laparoscopic cholecystectomy: anest- hetic implications. *Anesth Analg.* 1993;76:1120-33.
10. Struthers AD, Cuschieri A. Cardiovascular consequences of lapa- roscopic surgery. *Lancet.* 1998;352:568-70.
11. Koivusalo AM, Lindgren L. Effects of carbon dioxide pneumope- ritoneum for laparoscopic cholecystectomy. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2000;44:834-41.
12. Hirvonen EA, Nuutinen LS, Kauko M. Hemodynamic chan- ges due to Trendelenburg positioning and pneumoperitoneum during laparoscopic hysterectomy. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1995;39:949-55.
13. Odeberg S, Ljungqvist O, Svenberg T, et al. Haemodynamic effects of pneumoperitoneum and the influence of posture during anaesthesia for laparoscopic surgery. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1994;38:276-83.
14. Torrielli R, Cesarini M, Winnock S, et al. Hemodynamic changes during celioscopy: a study carried out using thoracic electric bioimpedance. *Can J Anaesth.* 1990;37:46-51 [artículo en fran- cés].
15. Walder AD, Aitkenhead AR. Role of vasopressin in the haemody- namic response to laparoscopic cholecystectomy. *Br J Anaesth.* 1997;78:264-6.
16. Joris JL, Chiche JD, Canivet JL, et al. Hemodynamic changes induced by laparoscopy and their endocrine correlates: effects of clonidine. *J Am Coll Cardiol.* 1998;32:1389-96.
17. Kordan Y, Barocas DA, Altamar HO, et al. Comparison of transfusion requirements between open and robotic- assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int.* 2010;106:1036-40.
18. Hazebroek EJ, Bonjer HJ. Effect of patient position on cardio- vascular 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.
19. Clavien PA, Sanabria JR, Strasberg SM. Proposed classification of complications of surgery with examples of utility in cholecys- tectomy. *Surgery.* 1992;111:518-26.
20. Yee DS, Katz DJ, Godoy G, et al. Extended pelvic lymph node dissection in robotic-assisted radical prostatectomy: surgical technique and initial experience. *Urology.* 2010;75:1199-204.
21. Bazin JE, Gillart T, Rasson P, et al. Haemodynamic conditions enhancing gas embolism after venous injury during laparoscopy: a study in pigs. *Br J Anaesth.* 1997;78:570-5.

Aneurisma y fístula arterio-venosa renal: manejo quirúrgico laparoscópico asistido por robot*

Drs. OCTAVIO A. CASTILLO C.^{1,2}, MARIANO CUENTAS J.¹, RUBÉN VIDANGOS V.¹, RODRIGO GUTIÉRREZ¹, PATRICIO PALAVECINO R.³

¹ Unidad de Urología y Centro de Cirugía Robótica, Clínica INDISA.

² Facultad de Medicina, Universidad Andrés Bello.

³ Unidad de Radiología Intervencionista, Clínica INDISA. Santiago, Chile.

Abstract

Renal artery aneurysm. Robotic resolution

Introduction: Renal artery aneurysm is uncommon conditions, presenting a therapeutic challenge. **Aim:** To report a case of a complex intrarenal aneurysm associated with a arterio-venous fistula high flow, treated by robotic assistance. **Case report:** A 51 year-old man, with a long history of hypertension, was diagnosed of a complex intrarenal aneurysm, in routine radiological follow-up. Endovascular treatment was no possible due to an associated high flow arterio-venous, so robotic surgery was performed. The tributary arterial branch was dissected at the renal pedicle, and ligated easily. The radiological follow-up showed a complete resolution and normal renal function. **Conclusion:** This case, of low frequency, illustrates a successfully manner of resolution of a complex renal vascular pathology.

Key words: Aneurysm, renal artery, vascular malformation, laparoscopic surgery, robotic surgery, endovascular treatment.

Resumen

Introducción: Los aneurismas de la arteria renal constituyen una patología infrecuente, y plantean dificultades en la decisión terapéutica. **Objetivo:** Presentar un caso de un aneurisma complejo intrarenal, asociado a una fístula arterio-venosa de alto flujo, el cual fue resuelto con asistencia robótica. **Caso clínico:** Paciente de 51 años, con historia prolongada de hipertensión arterial, al cual, en estudio radiológico de rutina, se le diagnostica 3 aneurismas intrarenales derechos, asociado a una fístula arterio-venosa de alto flujo. Dada la imposibilidad de realizar tratamiento endovascular, se realiza cirugía robótica. Se disecciona el hilio renal y se identifica la rama arterial tributaria del aneurisma, la cual se liga sin problemas. El control alejado demuestra resolución de la malformación, con mantención de la función renal. **Conclusión:** Este caso, de baja frecuencia, ilustra una forma de resolución de una patología vascular renal, con éxito.

Palabras clave: Aneurisma, arteria renal, malformación vascular renal, cirugía laparoscópica, cirugía robótica, tratamiento endovascular.

*Recibido el 19 de marzo de 2013 y aceptado para publicación el 27 de mayo de 2013.

Conflicto de interés: Dr. Octavio A. Castillo C. es Proctor para Latinoamérica del robot da Vinci (Intuitive Surgical Inc.).

Correspondencia: Dr. Octavio A. Castillo C.
Avenida Santa María 1810, Santiago, Chile. P.C.: 7520440
octavio.castillo@indisa.cl

Introducción

Los aneurismas de la arteria renal son dilataciones localizadas de la misma o de sus ramas, con una incidencia que varía entre 0,4 y 1,32% de la población general^{1,2}. En su mayoría son asintomáticos, siendo diagnosticados en controles rutinarios por hipertensión arterial o como hallazgo incidental en estudios imagenológicos³⁻⁵. La asociación entre aneurisma renal y fístula arterio-venosa es aún más infrecuente, con pocos casos documentados en la literatura en riñones nativos⁶.

La importancia radica en el riesgo de rotura espontánea, el cual se incrementa cuando el diámetro excede 1,5 cm; si, en mujeres gestantes puede asociarse a un sangrado masivo aún con diámetros menores a 1,5 cm⁷⁻¹².

El tratamiento de los aneurismas de la arteria renal comprende desde técnicas endovasculares a variadas reparaciones quirúrgicas, dependiendo de su localización, características anatómicas y la experiencia del equipo quirúrgico.

Este caso ilustra el hallazgo de una aneurisma de arteria renal asociado a fístula arterio-venosa, de diagnóstico incidental y de resolución con cirugía robótica.

Caso clínico

Paciente varón de 51 años de edad, con antecedentes clínicos de hipertensión arterial de 20 años de evolución. Como parte de un estudio clínico de rutina se realiza una Tomografía computada de abdomen que revela la presencia de una malformación vascular compatible con dilataciones aneurismáticas intrarenales, la mayor de 4,2 cm, localizadas en cara anterior del tercio medio del riñón derecho (Figura 1). Se le realizó una angiografía selectiva renal derecha que demuestra la presencia de 3 formaciones saculares intrarenales con afluente arterial de una rama importante de la arteria renal principal, de 8 mm (Figura 2) y la presencia de una gran fístula arterio-venosa que llena rápidamente la vena renal principal.

Dado el riesgo de embolización accidental de los elementos de oclusión endovascular, por la presencia de una fístula arterio-venosa de alto flujo, se decide realizar ligadura selectiva de la arteria afluente de la malformación renal vascular.

Para ello se utiliza el sistema robótico da Vinci S-HD (Intuitive Surgical, Sunny Valley, California, USA). Se identifica el pedículo renal y se identifica la arteria renal derecha principal y la rama afluente del aneurisma (Figura 3). Se procede a la ligadura selectiva de esta rama arterial, sin incidentes (Figura



Figura 1. Tomografía computada que muestra dilataciones aneurismáticas intra-renales, la mayor de 4,2 cm, en el tercio medio del riñón derecho.

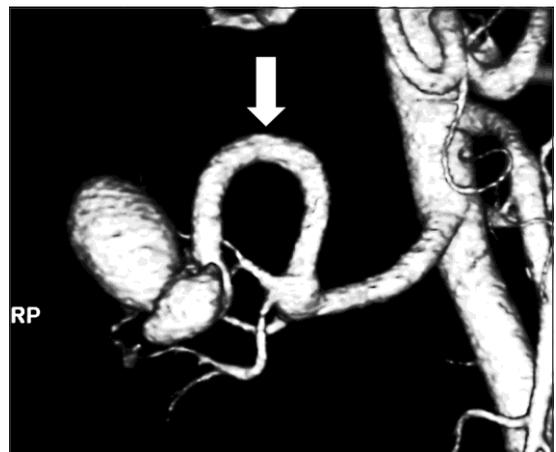


Figura 2. Reconstrucción tridimensional de angiografía renal derecha que muestra 3 formaciones saculares con afluente arterial desde la arteria renal principal, de 8 mm (Flecha).

4). El paciente es dado de alta a las 48 h y una tomografía computada de control muestra ausencia de aneurismas y fístula arterio-venosa, con buena función y perfusión renal derecha (Figura 5).

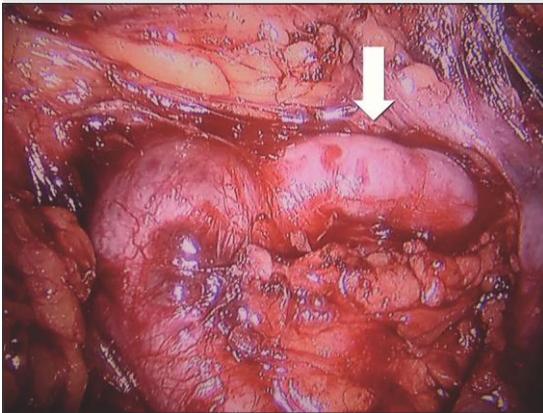


Figura 3. Discección del pedículo renal con identificación de la arteria renal derecha principal y la rama afluyente del aneurisma (Flecha).

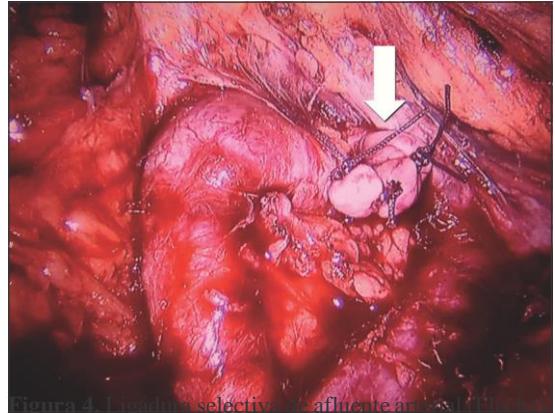


Figura 4. Ligadura selectiva de la afluyente arterial.

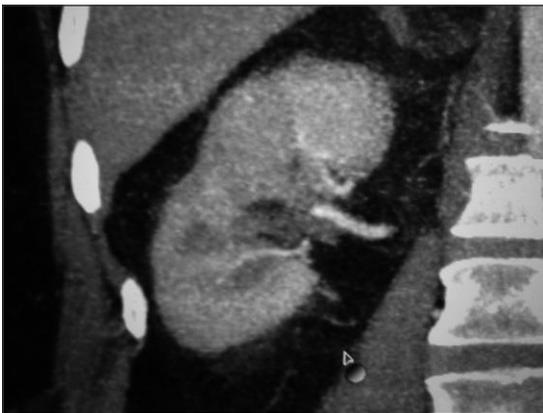


Figura 5. Tomografía computada de control con resolución de la malformación y sin compromiso vascular del parénquima renal (Figura 5).

Discusión

Los aneurismas de la arteria renal son muy infrecuentes y su etiología suele estar en relación con displasia fibromuscular o arteriosclerosis de la arteria renal, pudiendo ser congénitos, asociados con arteritis, o con antecedente traumático²⁻⁵. Según Poutasse, los aneurismas de la arteria renal se dividen en cuatro tipos: Saculares, Fusiformes, disecantes e intrarrenales¹³, siendo los más frecuentes los saculares que comprenden el 70% a 90% de todos los aneurismas de la arteria renal y se ubican por lo general en la bifurcación de la arteria renal principal o una de sus ramas.

Las complicaciones de los aneurismas renales incluyen trombosis con infarto renal, fistulas arteriovenosas, hipertensión renovascular y rotura espontánea que puede poner en peligro la vida del

paciente⁷⁻¹⁰. La rotura espontánea puede ocurrir en el 5% de los aneurismas y con mayor probabilidad en los que no son calcificados o son parcialmente calcificados mayores de 1,5 cm⁸⁻¹². Los factores de riesgo para rotura ocurre principalmente ante la presencia de hipertensión y en mujeres gestantes, relacionado al incremento del flujo renal⁷⁻¹³. El manejo conservador se puede realizar en pacientes normotensos y con aneurismas calcificados menores a 1,5 cm. Se acepta que un aneurisma mayor de 2 cm requiere tratamiento quirúrgico⁸⁻¹².

Las opciones de tratamiento son diversas y van a depender del tamaño y la ubicación del aneurisma. Entre las alternativas tenemos: embolización, resección del aneurisma con anastomosis término-terminal, reparación extracorpórea en cirugía de banco con autotrasplante, nefrectomía parcial y nefrectomía total. Gill et al¹¹, comunican el primer caso de un aneurisma renal de 3 cm, resuelto por vía laparoscópica. Castillo et al¹², comunican a su vez 2 casos de aneurisma renal, con reparación laparoscópica exitosa.

Las limitaciones de esta vía son principalmente en la dificultad de la técnica, operando en un campo quirúrgico reducido y profundo; que además, requiere precisión para una cirugía microvascular^{13,14}.

Con la aparición de la cirugía robótica, se han ido superando las limitaciones de la cirugía laparoscópica. El robot ofrece una visión tridimensional y ampliada del campo quirúrgico, con una excelente resolución, y elimina el temblor natural de las manos del cirujano.

Luke et al¹⁴, en el año 2006, comunican un caso de reparación laparoscópica asistida por robot de un aneurisma renal izquierdo de 25 mm, con un tiempo de ischemia de 59 min. Guilianoti et al¹⁵, en el 2010, comunica una serie de 5 casos de reparación quirúrgica

gica laparoscópica
asistida por robot, con
excelentes resultados.

Nuestro caso ilustra un enfoque quirúrgico mínimamente invasivo que ha resuelto una malformación vascular renal de rara presentación en riñones nativos. Este caso carece de la dificultad de la reconstrucción vascular propiamente tal, dado que la cirugía consistió en una simple ligadura de la rama arterial aferente. Sin embargo, ilustra una malformación aneurismática intrarenal severa, con importante riesgo vital o de pérdida del riñón. La asistencia robótica facilitó la disección del hilio renal y de sus ramas, en posición intrasinusal, identificando y controlando la rama arterial responsable de la malformación, y al mismo tiempo manteniendo un riñón completamente funcionante.

1971;
99:28
7-93.

4. Henke PK, Cardneau JD, Welling TH, Upchurch GR Jr, Wakefield TW, Jacobs LA, et al. Renal artery aneurysms a 35-year clinical experience with 252 aneurysms in 168 patients. *Ann Surg.* 2001;234:454-63.
5. Hageman JH, Smith RF, Szilagyi E, Elliot JP. Aneurysms of the renal artery: problems of prognosis and surgical management. *Surgery* 1978;84:563-72.

Referencias

1. Tham G, Ekelund L, Herrlin K, Lindstedt EL, Olin T, Bergentz SE. Renal artery aneurysms. Natural history and prognosis. *Ann Surg.* 1983;197:348-52.
2. Fergany A, Novick A. Renovascular Hypertension and ischemic nephropathy. En: Campbell - Walsh Urology, 10ª edición, Ed. Kavoussi L, Partin A, Novick A, Peters C, Elsevier Saunders, Philadelphia, PA 19103-2899, pág. 1078-80.
3. Vaughan TJ, Barry WF, Jeffords DL, Johnsrude IS. Renal artery aneurysms and hypertension. *Radiology*

6. Trocciola SM, Chaer RA, Lin SC, Dayal R, Scherer M, Garner M, et al. Embolization of renal artery aneurysm and arteriovenous fistula. Case report. *Vasc Endovascular Surg.* 2005;39:525-9.
7. Beseth BD, Quinones-Baldrich WJ. Renal artery aneurysm secondary to fibromuscular dysplasia in a young patient. *Ann Vasc Surg.* 2005;19:605-8.
8. Ortenberg J, Novick AC, Straffon BH, Stewart BH. Surgical treatment of renal artery aneurysms. *BJU* 1983; 55:341-6.
9. Lacombe M. Ex situ repair of complex renal artery aneurysms. *Cardiovasc Surg.* 1994;2:767-71.
10. Dubernard JM, Martin X, Gelet A, Mongin D. Aneurysms of the renal artery: surgical management with special reference to extracorporeal surgery and autotransplantation. *Eur Urol.* 1985;11:26-30.
11. Gill IS, Murphy DP, Hsu TH, Fergany A, El Fettouh, Meraney AM. Laparoscopic repair of a renal artery aneurysm. *J Urol.* 2001;166:202-5.
12. Castillo OA, Peacock L, Díaz M, Orellana S, Urena RD. Case report: Laparoscopic Repair of Saccular Renal Artery Aneurysm. *J Endourol.* 2006;20:260-1.
13. Castillo OA, Vitagliano GJ, Sánchez-Salas R, Chamorro H, Fava M, Díaz MA. Laparoscopic repair of renal artery aneurysm: a description of the technique and results in 2 cases. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2008;18:379-83.
14. Poutasse EF. Renal Artery Aneurysms. Their Natural history and Surgery. *Trans Am Assoc Genitourin Surg.* 1979;71:146-53.
15. Luke P, Knudsen BE, Nguan CY, Pautler SE, Swinimer S, Kiaii R, et al. Robot-assisted laparoscopic renal artery aneurysm reconstruction. *J Vasc Surg.* 2006;44:651-3.
16. Giulianotti PC, Bianco, FM, Addeo P, Lombardi A, Coratti A, Sbrana F. Robot-assisted laparoscopic repair of renal artery aneurysms *J Vasc Surg.* 2010;51:842-9.

CASOS CLÍNICOS

NEFRECTOMÍA ROBÓTICA DEL DONANTE VIVO PARA TRASPLANTE. PRIMER CASO EN LATINOAMÉRICA*

Drs. Leticia Ruiz J.¹, Enrique Alemán F.², Marcos Young R.¹,
Marcos Acosta H.³, Octavio A. Castillo C.^{2,4}

¹ Centro de Cirugía Robótica Nacional, Hospital Nacional, Ciudad de Panamá, Panamá.

² Unidad de Urología y Centro de Cirugía Robótica, Clínica INDISA, Santiago, Chile.

³ Departamento de Nefrología, Hospital Nacional, Ciudad de Panamá, Panamá.

⁴ Facultad de Medicina, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.

Abstract

Living robotic donor nephrectomy. The first case in Latin America

Introduction: Living donor nephrectomy is the best alternative of treatment for patients with chronic renal disease. Even though open surgery remains the gold standard for donor nephrectomy, laparoscopic surgery has become a feasible alternative in referral centers. To minimize the long learning curve associated with this procedure, some centers have introduced robotic donor nephrectomy as a surgical option. **Aim:** To present the first robotic-assisted laparoscopic donor nephrectomy in Latin America. **Clinical case:** The donor is a 50 years old male, living-related to the recipient by affinity (husband/wife). The recipient is a 54 years old female with history of end-stage renal disease waiting to initiate dialysis program. A left transperitoneal robotic-assisted laparoscopic nephrectomy employing the da Vinci Si® (Intuitive Surgical, Sunnyvale CA.) is performed. Mean operative time was 188 minutes with an estimated blood loss of 300 ml. Mean ischemia time was 6 minutes. The graft presented immediate function. Both patients were discharged at 72 h. **Conclusion:** Living donor robotic-assisted laparoscopic nephrectomy is a safe and viable procedure. Larger series are needed to establish its role.

Key words: Kidney transplant, laparoscopic surgery, robotic surgery, living related donor.

Resumen

Introducción: La donación renal en pacientes vivos relacionados es la mejor alternativa de tratamiento para pacientes con insuficiencia renal crónica. La cirugía abierta es el procedimiento de elección; sin embargo, la nefrectomía laparoscópica se ha convertido en una opción viable en centros con experiencia. Con el propósito de disminuir los tiempos de la curva de aprendizaje, algunos centros han introducido la nefrectomía robótica del donante vivo como una opción quirúrgica. **Objetivo:** Presentar la primera nefrectomía robótica del donante vivo realizada en Latinoamérica. **Caso clínico:** Paciente de 50 años, esposo, donante vivo re-

*Recibido el 27 de mayo de 2013 y aceptado para publicación el 7 de octubre de 2013.

Conflicto de interés: Dr. Octavio A. Castillo C. se ha desempeñado como Proctor para Latinoamérica del robot da Vinci (Intuitive Surgical Inc.).

Correspondencia: Dr. Octavio A. Castillo C.
octavio.castillo@indisa.cl

lacionado, por afinidad (esposo-esposa). La receptora tiene 54 años con antecedente de insuficiencia renal crónica terminal en espera de ingreso a programa de hemodiálisis. Se realizó nefrectomía robótica izquierda del donante utilizando el sistema robótico da Vinci Si® (Intuitive Surgical, Sunnyvale CA.) mediante abordaje transperitoneal. El tiempo quirúrgico total fue de 188 min, con un sangrado estimado de 300 ml., y un tiempo de isquemia de 6 min. El injerto presentó inicio inmediato de la función. Ambos pacientes fueron dados de alta a las 72 h. **Conclusión:** La nefrectomía robótica del donante vivo para trasplante es una alternativa segura y factible. Comunicaciones con series con mayor número de pacientes, son necesarias para establecer su definitivo rol.

Palabras clave: Trasplante riñón, cirugía laparoscópica, cirugía robótica, donante vivo.

Introducción

El trasplante renal en pacientes vivos relacionados es la mejor alternativa para pacientes con insuficiencia renal crónica¹. Los riñones de los donantes vivos relacionados son órganos perfectamente sanos, lo que determina una mejor sobrevida del injerto y del receptor en comparación con los trasplantes cadavéricos². El trasplante renal de donante vivo en pacientes candidatos a diálisis crónica reduce el tiempo de espera para el receptor, y por lo tanto, permite un trasplante renal más temprano, cuando el receptor se encuentra en sus mejores condiciones generales³. El tiempo de isquemia es más corto que en los donantes cadavéricos, lo cual resulta en una disminución de la lesión isquémica al injerto y por lo tanto, mejora la función del mismo a largo plazo⁴. La donación renal en pacientes vivos relacionados es un acto altruista en personas sanas, por lo tanto, es importante minimizar los riesgos consecuentes de la cirugía para el donante⁵.

En marzo de 2012 se instaló en la ciudad de Panamá, en el Hospital Nacional, el primer sistema de cirugía robótica da Vinci Si (Intuitive Surgical, CA.) de Centroamérica. Con la llegada de esta tecnología, se abrió un campo tecnológico hasta ahora desconocido en nuestro país. Esta tecnología ha permitido incursionar en cirugías innovadoras de alto perfil, como lo es la nefrectomía del donante vivo, tradicionalmente realizadas en forma abierta y últimamente de forma laparoscópica. El objetivo de este artículo es publicar la primera nefrectomía del donante vivo laparoscópica asistida por robot realizada en Panamá.

Caso clínico

Este caso es un donante vivo para trasplante renal, relacionado por afinidad (esposo-esposa) en una paciente sin terapia de reemplazo renal previa. La receptora fue una paciente de sexo femenino, de 54 años, con insuficiencia renal crónica terminal. Como antecedentes quirúrgicos tenía dos cesáreas y una histerectomía. La creatinina pre-operatoria de

la paciente era de 5 mg/dl, y se encontraba en espera de ingreso a hemodiálisis crónica. El donante fue su esposo de 50 años, sin antecedentes quirúrgicos. La creatinina pre operatoria del donante era de 0,9 mg/dl con una tasa de filtración glomerular de 99 a 104 ml/min/1,73 m² utilizando la fórmula de CKD-EPI. (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration).

Se realiza nefrectomía izquierda laparoscópica asistida por robot (daVinci, Intuitive, CA). El donante presentaba arteria y vena renal única. Se utilizó la vía transperitoneal con acceso abierto, utilizando 4 brazos robóticos y 2 puertos auxiliares (Figura 1). El tiempo quirúrgico total fue de 186 min, dividido en: tiempo de colocación de trocares de 11 min, tiempo de montaje de 4 min y tiempo de consola de 163 min. Se ligó y seccionó vena y arteria renal individualmente con instrumento lineal cortante Echelon Flex 45® (Ethicon Inc.). El riñón se extrajo por incisión de Pfannenstiel, utilizando GelPort (Applied Medical, Rancho Santa Margarita, Ca, USA) y sin desmontar el robot. Se procedió a perfundir el riñón con solución de preservación con solución de Custodiol® HTK (Histidina-Triptofano-Ketoglutaratato). El



Figura 1. Paciente en decúbito lateral derecho, con los brazos robóticos *in situ*. Hay 2 puertos para el ayudante: 1 supra umbilical de 12 mm y otro en el sitio del GelPort, donde se utiliza el aspirador, a través de un trocar, y luego será el sitio para extracción del riñón.

tiempo de isquemia caliente fue de 6 min. La pérdida estimada de sangre fue de 300 ml.

Luego del trasplante, el injerto presentó diuresis inmediata. El donante no requirió narcóticos en el posoperatorio e inició ingesta oral en el postoperatorio inmediato. Hubo un pequeño hematoma a nivel de abdomen inferior y región inguinal izquierda que se manejó de manera conservadora. A las 48 h postoperatorias el donante presentó una creatinina de 1,4 mg/dl. La creatinina de la receptora a las 48 h fue de 0,8 mg/dl, con una tasa filtración glomerular de 93 ml/min/1,73 m². Ambos pacientes fueron dados de alta a las 72 h postoperatorias. El donante retornó a sus actividades a los 10 días de la cirugía. La receptora tuvo una creatinina plasmática de 0,8 mg/dl. al mes del trasplante.

Discusión

La cirugía abierta continúa siendo hoy estándar para la nefrectomía del donante vivo⁶. Sin embargo, la incisión lumbar inherente de la misma, hace que la recuperación sea más dolorosa y el regreso a la actividad diaria más prolongado. Durante la última década, la nefrectomía laparoscópica del donante se ha vuelto parte integral en muchos centros especializados de trasplante⁷. La laparoscopia es una técnica mínimamente invasiva, con incisiones pequeñas y menor dolor postoperatorio^{5,8}. Sin embargo, la nefrectomía del donante vivo laparoscópica es una técnica demandante que requiere de una larga curva de aprendizaje y no se encuentra exenta de complicaciones⁹.

La introducción de la cirugía robótica pudiera mejorar los resultados quirúrgicos en la nefrectomía del donante vivo¹⁰. Horgan y colaboradores describieron los primeros 12 casos de nefrectomías del donante laparoscópica asistida por robot utilizando la técnica mano asistida¹¹.

El sistema robótico mejora la destreza y visión del cirujano permitiendo una visión de microcirugía en un ambiente laparoscópico¹². Los pequeños instrumentos articulados del robot, que filtran el temblor de las manos del cirujano, traen esta movilidad más cerca al campo quirúrgico de lo que proporciona la cirugía abierta y más eficiente que en cirugía convencional laparoscópica¹⁰. Todas estas ventajas podrían acortar la curva de aprendizaje, permitiendo a urólogos sin experiencia laparoscópica previa, realizar procedimientos más complejos como la nefrectomía del donante vivo¹³.

Conclusión

La nefrectomía del donante vivo laparoscópica asistida por robot es una alternativa quirúrgica a la

cirugía abierta y laparoscópica. Posee las ventajas de un procedimiento mínimamente invasivo, con reducción de la morbilidad y una eventual disminución del tiempo de isquemia caliente. Evidentemente esta técnica se encuentra en sus inicios, siendo necesario comunicaciones con mayor número de casos, para establecer su real utilidad.

Referencias

1. Dols LF, Kok NF, Ijzermans JN. Live donor nephrectomy: a review of evidence for surgical techniques. *Transpl Int.* 2010;23:121-30.
2. Alcaraz A, Rosales A, Guirado L, Díaz JM, Musquera M, Villavicencio H. Early experience of a living donor kidney transplant program. *Eur Urol.* 2006;50:542-47.
3. Greco F, Hoda MR, Alcaraz A, Bachman A, Hakenberg O, Fornara P. Laparoscopic living-donor nephrectomy: analysis of the existing literature. *Eur Urol.* 2010;58:498-509.
4. Rettkowski O, Hamza A, Markau S, Osten B, Fornara P. Ten years of laparoscopic living donor nephrectomy: retrospect and prospect from the nephrologist's point of view. *Transplant Proc.* 2007;39:30-3.
5. Rodríguez O, Breda A, Esquena S, Villavicencio H. Aspectos quirúrgicos de la nefrectomía del donante vivo. *Actas Urol Esp.* 2013;37:181-7.
6. Najarian JS, Chavers BM, McHugh LE. 20 years or more of follow-up of living kidney donors. *Lancet* 1992;340(8823):807-10.
7. Hidalgo F, Castillo O, Kerkebe M. Nefrectomía laparoscópica mano asistida en donante para trasplante. *Rev Chil Cir.* 2003;55:635-69.
8. Hoznek A, Hubert J, Antiphon P, Gettman MT, Hermal AK, Abbou CC. Robotic renal surgery. *Urol Clin North Am.* 2004;31:731-6.
9. Subramonian K, DeSylva S, Bishai P, Thompson P, Muir G. Acquiring surgical skills: a comparative study of open versus laparoscopic surgery. *Eur Urol.* 2004;45:346-51.
10. Hubert J, Renoult E, Mourey E. Complete robotic-assistance during laparoscopic living donor nephrectomies: an evaluation of 38 procedures at a single site. *Int J Urol.* 2007;14:986-9.
11. Horgan S, Vanuno D, Sileri P, Cicalese L, Benedetti E. Robotic-assisted laparoscopic donor nephrectomy for kidney transplantation. *Transplantation* 2002;73:1474-9.
12. Yohannes P, Rotariu P, Pinto P. Comparison of robotic versus laparoscopic skills: is there a difference in the learning curve? *Urology* 2002;60:39-45.
13. Buell JF, Abreu SC, Hanaway MJ. Right donor nephrectomy: a comparison of hand-assisted transperitoneal and retroperitoneal laparoscopic approaches. *Transplantation* 2004;77:52

