



Monografías de la **AEC**

Asociación Española de Cirujanos

N.º 02

Cirugía robótica

Coordinador:

Carlos Moreno Sanz

Carlos Loureiro González



AEC

Asociación Española de Cirujanos



Monografías de la **AEC**

Cirugía robótica



AEC
Asociación Española de Cirujanos

© Copyright 2015. ARÁN EDICIONES, S.L.

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, transmitida en ninguna forma o medio alguno, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabaciones o cualquier sistema de recuperación de almacenaje de información, sin la autorización por escrito del titular del Copyright.

El contenido del documento refleja las opiniones, criterios, conclusiones y/o hallazgos propios de sus autores. Cualquier producto mencionado deberá ser estrictamente prescrito y utilizado de acuerdo con la ficha técnica autorizada del producto en España.

La Editorial declina toda responsabilidad sobre el contenido de los artículos que aparezcan en esta publicación.

ISSN: 2444-6947

ARÁN EDICIONES, S.L.

28006 MADRID - Castelló, 128, 1.º - Telf.: 91 782 00 35 - Fax: 91 561 57 87

e-mail: edita@grupoaran.com - <http://www.grupoaran.com>



Monografías de la **AEC**

Cirugía robótica

Coordinador: Carlos Moreno Sanz
Carlos Loureiro González

Comité Editorial

Eduardo M^a Targarona Soler

José Vicente Roig Vila

José M^a Jover Navalón

Elena Martín Pérez

Pablo Moreno Llorente

Salvador Navarro Soto

Juan Carlos Ruiz de Adana Belbel

José Luis Salvador Sanchís

José M^a Enríquez Navascués

Introducción

Apreciado socio:

Una de las misiones de la AEC es la diseminación y actualización de los avances en el desarrollo de la cirugía a todos los niveles. Desde hace años la AEC se ha caracterizado y ha favorecido la publicación de obras en diversos formatos que ha permitido conseguir este objetivo. La revista Cirugía Española se puede considerar como el escaparate de mayor calidad de la sociedad: en la revista, una vez indexada, evaluada por pares y con factor de impacto es donde se publican los avances o los resultados de los estudios más actuales de nuestra actividad. El libro de Cirugía, con el proyecto de desarrollar la tercera edición, pretende ser la referencia obligada ante cualquier duda o necesidad de información para el cirujano en formación o ya formado. Las Guías Clínicas, obra de especial éxito y reconocidas por todos los cirujanos, pretenden ofrecer de una forma concisa las bases y esquemas de tratamiento de un área concreta de la cirugía y, finalmente, cada año publicamos obras menores que intentan completar de forma más general algunos temas de actualidad. ¿Hacen falta más publicaciones...? Algún lector podrá decir que no, especialmente ante la plétora de información de la que disponemos en la actualidad, ante el éxito de Internet y la facilidad en la diseminación de la información. La Junta Directiva que tengo el honor de presidir considera que sí, que hay lugar para un modelo intermedio, y este son las Monografías de la AEC que pretenden, en un formato reducido, tipo revista, abordar de forma exhaustiva temas de especial interés y actualidad, con una presentación ágil que permita al lector la puesta al día tras su lectura. Este formato permite ser de rápida creación y publicación, y dar cabida a cualquier tema que cualquier miembro de la Junta Directiva, de las secciones o miembro de la sociedad pueda proponer. Prueba de ellos son los tres temas que presentamos en estos tres primeros números: ERAS, controversias en prevención ETV y manejo paciente anticoagulado y cirugía robótica. Se puede argumentar que la calidad de la publicación no está bien contrastada al no ser revisada por pares, pero la confianza en la profesionalidad del editor responsable, y la supervisión y corrección por parte del Comité Científico de la AEC permiten asegurar el rigor de su contenido. Me gustaría agradecer a diversas personas y entidades el desarrollo de este proyecto: a la Junta Directiva que confió y dio crédito a esta propuesta, a los editores y autores, que aceptaron el reto de desarrollar el proyecto en menos de 5 meses, incluyendo el verano, y a Arán Ediciones que, con la eficacia a la que ya nos tiene acostumbrados, ha dado cuerpo al proyecto. También agradecer a los sponsors que de forma ágil y generosa han dado soporte al proyecto. Estas Monografías se publicarán de forma electrónica y también estarán disponibles en la app de la AEC. No se prevé una periodicidad regular en la publicación pero, tras esta prueba piloto, se invita a todos los miembros de la AEC a proponer temas, títulos y editores; tampoco existe un temario cerrado y circunscrito, es un modelo únicamente uniforme en cuanto a su formato que da cabida a cualquier tema de actualidad. Espero que esta obra que tienes en tus manos sea de tu interés y será tu opinión la que definirá si el camino elegido ha sido el adecuado.

E.M. Targarona
Presidente de la AEC

Sumario

Cirugía robótica e innovación	11
<i>C Moreno Sanz, A Morandeira Rivas, M Paduraru y E Targarona Soler</i>	
Desarrollo de la cirugía robótica y las plataformas actuales	16
<i>S Morales-Conde, I Alarcón, A Barranco y M Socas Macías</i>	
Formación y acreditación en cirugía robótica	21
<i>E Ortiz Oshiro, B Lasses Martínez y AJ Torres García</i>	
Disposición, principios y solución de problemas en cirugía robótica	26
<i>P Bretcha Boix y J Farré Alegre</i>	
Ergonomía en cirugía robótica	32
<i>A Morandeira Rivas, C Moreno Sanz, L Millán Casas y A Szold</i>	
Coste y eficiencia de la cirugía robótica	37
<i>C Vaz, A Bueno Delgado y F Costa</i>	
La importancia del modelo organizativo hospitalario para el desarrollo de la cirugía robótica	41
<i>EV López, Y Quijano Collazo, B Lelpo, H Durán Giménez-Rico y R Caruso</i>	
Cirugía robótica esófago-gástrica	44
<i>C Loureiro González, I Díez del Val, JE Bilbao Axpe y JJ Méndez Martín</i>	
Uso de la cirugía robótica en el tratamiento de la obesidad mórbida	49
<i>R Vilallonga Puy, JM Fort López-Barajas, E Caubet Busquet, O González López y J Balibrea del Castillo</i>	
Cirugía robótica colorrectal	53
<i>M Gómez Ruiz, C Cagigas Fernández, J Alonso Martín, J Del Castillo Diego y M Gómez Fleitas</i>	
Cirugía robótica hepato-bilio-pancreática	57
<i>Y Quijano, E Vicente, B Ielpo, H Duran y R Caruso</i>	
La robótica en la cirugía endocrina	65
<i>O Vidal Pérez, FB De Lacy Oliver, M Valentini y JC García-Valdecasas Salgado</i>	
Robótica en cirugía general y del aparato digestivo. Expectativas de futuro	69
<i>A Lacy Fortuny y R Bravo Infante</i>	

Cirugía robótica e innovación

C MORENO SANZ¹, A MORANDEIRA RIVAS¹, M PADURARU², E TARGARONA SOLER³

¹Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital General La Mancha Centro, Alcázar de San Juan. Ciudad Real

²Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital General de Tomelloso. Ciudad Real

³Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona

Correspondencia: cmsurgery@hotmail.com

RESUMEN

La introducción de innovaciones en cirugía es un proceso inherente al avance de la especialidad. La cirugía robótica ha introducido numerosas innovaciones en el campo de la cirugía mínimamente invasiva que han permitido implementar las habilidades y la precisión del cirujano. En el presente capítulo se revisan algunos aspectos relativos a la innovación desarrollada en el campo de la cirugía robótica, su evaluación y las expectativas de futuro.

Palabras clave: Cirugía, robótica, innovación.

INTRODUCCIÓN

No cabe duda de que la mayor innovación en cirugía durante los últimos treinta años ha sido la aparición de la cirugía mínimamente invasiva (CMI). Su introducción ha supuesto un cambio radical en la práctica quirúrgica gracias al desarrollo de múltiples tecnologías. Cámaras de alta definición, instrumentos miniaturizados, novedosas fuentes de energía, sistemas de grapado, etc. han sustituido los ojos y las manos del cirujano para poder acceder al cuerpo humano a través de pequeñas incisiones con la consiguiente reducción del trauma quirúrgico, las complicaciones de las heridas, el dolor y la estancia hospitalaria, permitiendo una rápida incorporación a las actividades habituales con un resultado cosmético óptimo¹. Sin embargo, la capacitación en CMI requiere un entrenamiento continuo, ya que la dependencia de sistemas artificiales de visión y la pérdida de sensación táctil dificulta el aprendizaje y la ejecución de las técnicas, especialmente en los procedimientos complejos².

La cirugía robótica (CR) ha introducido numerosas innovaciones en el campo de la CMI que han permiti-

do implementar las habilidades y la precisión del cirujano. Gracias a estas tecnologías, los cirujanos tienen a su disposición lo que podríamos denominar como una capacidad visual aumentada gracias a la visión en 3D, la realidad aumentada y los filtros de luz. Además, el cirujano también cuenta con un incremento en su capacidad manual que confiere precisión, sensación táctil y filtra el movimiento hasta lograr maniobras perfectas. Finalmente, existe una tendencia innovadora que fusiona avances tecnológicos bajo un concepto todavía difícil de definir y que podríamos denominar como ciberterapia. Un mundo en el que computadoras y robots permiten la integración del cirujano con las máquinas con el fin de optimizar el acceso mínimamente invasivo. Además, ofrece la posibilidad de integrar distintos sistemas de imagen superpuestos a la imagen real, la denominada realidad aumentada y, finalmente, la posibilidad de integrar técnicas bajo un concepto global que incluye técnicas de diagnóstico por imagen, endoscopia y CR³.

ROBOTS Y CIRUGÍA. HISTORIA DE UNA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

La innovación que ha supuesto la CR es un proceso complejo, ya que supone un desarrollo, no solo en el campo de la cirugía, sino también en el de la tecnología. Un robot es un sistema que combina tecnología mecánica, electrónica e informática, y cada una de estas áreas ha tenido que ir desarrollándose de forma paralela desde que en 1970 comenzara a aplicarse esta tecnología en el campo de la cirugía. Inicialmente, la National Aeronautics and Space Administration (NASA) y la Defense Advanced Research Project Administration (DARPA) desarrollaron los primeros modelos con el objetivo de reemplazar la presencia

del cirujano en el espacio, el campo de batalla y las áreas catastróficas. Posteriormente, la innovación tecnológica se dirigió hacia el desarrollo de sistemas que permitieran tareas muy precisas guiadas por imagen. Así, durante los años 80 y 90, aparecen el PUMA 200 (Programmable Universal Manipulation Arm; Unimation, Stanford, California, USA) para realizar biopsias cerebrales guiadas por CT, el PROBOT (Imperial College, London, UK), un sistema para resecciones prostáticas guiadas por ultrasonidos y el sistema para cirugía ortopédica ROBODOC® (Integrated Surgical Systems, Sacramento, California, USA)(C,D,E). Estas plataformas, con tecnología robótica básica y aplicaciones limitadas, dieron lugar a la primera generación de sistemas robóticos con configuración maestro-esclavo, un concepto innovador fundamental para el desarrollo de los sistemas actuales basados en una consola de control y una unidad con portadora de brazos activos.

De la innovación llevada a cabo en el seno de la DARPA se desarrollan dos modelos de robot a través de empresas distintas y que son los dos primeros sistemas aprobados por la Food and Drug Administration (FDA). Así, aparecen en el escenario los sistemas Zeus® (Computer Motion, Goleta, California, USA) y el Da Vinci® (Intuitive Surgical, Sunnyvale, California, USA). Posteriormente, en el año 2003, Surgical Intuitive absorbe Computer Motion creando una situación de monopolio que se mantiene en la actualidad y que ha continuado desarrollando esta tecnología a través del sistema Da Vinci®. En este sistema se desarrollan conceptos innovadores como la visión 3D (Figura 1) y el sistema de instrumental que reproduce la mano humana (Endowrist®) (Figura 2), haciendo de la plataforma Da Vinci® un compendio de tecnología actualizada en 2014 en el denominado Da Vinci Si® (Figura 3).

De manera progresiva, y durante los últimos años, algunas empresas han ido desarrollando sistemas similares al Da Vinci® mientras que otras han presentado distintas soluciones innovadoras. Desde el punto de vista de los sistemas similares al Da Vinci®, la empresa Titan Medical (Toronto, Ontario, Canada) ha desarrollado el Amadeus Composer® y el Amadeus Maestro®, dos sistemas cuyo uso clínico no se ha consolidado por distintos problemas. Una plataforma prometedora es la TELELAP Alf-X® (SOFAR, Milan, Italia) que recibió el marcado CE en 2011 y que cuenta con tecnología de sensación táctil, visión 3D con zoom y activación de instrumentos mediante visualizado de iconos. AVRA Surgical Robotics (New York, USA) se encuentra desarrollando el Surgical Robotic System (ASRS) con tecnología inalámbrica y un importante número de empresas y universidades se encuentran trabajando en este campo con el fin de desarrollar soluciones innovadoras

que compitan en el mercado actual y que, en general, están rodeadas de una extrema confidencialidad⁴⁷.



Figura 1. Carro de visión del sistema Da Vinci Xi. ©2015 Intuitive Surgical, Inc.



Figura 2. Sistema Endowrist®. ©2015 Intuitive Surgical, Inc.



Figura 3. Sistema Da Vinci Si. ©2015 Intuitive Surgical, Inc.

CIRUGÍA ROBÓTICA. EVALUACIÓN DE LAS INNOVACIONES

La relación de la cirugía robótica con la innovación es una relación obvia y multilateral que afecta al desarrollo tecnológico y técnico de la cirugía general, de la cirugía laparoscópica y del uso de robots como herramienta quirúrgica.

En la actualidad, no existe consenso para definir innovación en cirugía. Desde un punto de vista práctico, podríamos definirla como el proceso de desarrollo e implantación de una nueva técnica o tecnología hasta conseguir un cambio en la práctica clínica⁸⁻¹⁰. Sin embargo, si analizamos esta definición, nos damos cuenta de que es difícil encontrar una diferencia clara entre innovación e investigación. A priori, parece razonable que toda innovación científico-técnica vaya precedida de un proceso de investigación. Sin embargo, esto no siempre es así y muchas innovaciones se realizan con mínima o nula supervisión. En condiciones ideales, un nuevo procedimiento o tecnología debería estar precedido de una investigación (prueba de una hipótesis y control de resultados) que evalúe su eficacia y seguridad. Sin embargo, la situación más frecuente en cirugía es que un instrumental o equipo con un determinado uso aprobado por una agencia de control (FDA, marcado CE) se comience utilizar fuera del estándar de aplicación clínica para el que fue diseñado y sin investigación controlada. Este campo de utilización, entre el uso regulado y la investigación, es lo que se denomina "zona gris", un área en la que es frecuente regirse por el ensayo error y que conlleva riesgos evidentes para los pacientes¹¹.

El primer uso aprobado por la FDA para el sistema Da Vinci[®] se remonta al año 2000, cuando se respaldó

su uso como asistente para procedimientos laparoscópicos en general. Posteriormente, con la expansión de su uso en todas las especialidades quirúrgicas, la FDA ha continuado aprobando usos en distintas áreas, siguiendo la tendencia del mercado, hasta llegar a la regulación de su uso para la colecistectomía a través de puerto único en 2011.

Una estrategia cada vez más reconocida por la comunidad científica para la evaluación de innovaciones en cirugía es el sistema IDEAL¹², que cuenta con escasos pero muy significativos ejemplos en el área de la CR^{13,14}.

Este sistema establece distintos escalones de evaluación y control de las innovaciones según el momento de desarrollo en que se encuentren, con el objetivo de aportar resultados cuando no es posible realizar ni siquiera estudios de casos controles. En las etapas iniciales de aplicación clínica de una innovación, la herramienta recomendada es el Prospective Development Study (PDS), que recoge todos los datos respecto a cada uno de los casos considerados, incluyendo todos los casos con indicaciones, cambios en ellas, detalles técnicos y seguimiento.

Aunque este sistema de auditoria está diseñado para cualquier innovación en medicina, uno de los mejores ejemplos de aplicación que existe es la cirugía robótica y, concretamente, en el área de la cirugía esofagogastrica¹³. Este sistema de evaluación tiene la ventaja de poder seguir todo el proceso de innovación de forma sencilla, entendiendo el proceso de aprendizaje y desarrollo, así como las razones por las que se ejecutan cambios de manera que, al menos en teoría, es mucho más sencillo facilitar el progreso de una innovación y minimizar sus efectos adversos. En el caso del citado trabajo, Diaz del Val et al.¹³ objetivaron que las ventajas que aportaba el robot para construir una anastomosis intratorácica tras una esofagectomía no se encontraban durante la disección del esófago en el mediastino, lo cual motivó que dejara de utilizarse en aquellos casos de esofagectomía con anastomosis cervical. Posteriormente, una vez que la técnica se encuentra establecida, es el momento de poner en marcha bases de datos, registros multicéntricos y estudios con mayor potencia estadística. En cualquier caso, la evaluación del proceso de innovación mediante este tipo de estrategias parece que permiten una mejor y más rápida implementación que cuando se auditan resultados mediante estudios de series de casos.

INNOVANDO EL FUTURO DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA

En este momento, las posibilidades de continuar innovando en CR son, probablemente, infinitas. Sin

embargo, desde un punto de vista práctico y realista, la innovación en esta área de la cirugía vendrá de la mano de la minimización de costes, la optimización del tiempo de preparación y cirugía, miniaturización de sistemas, telecirugía, automatización y fusión de tecnologías.

Con respecto a la telecirugía, un componente fundamental para su desarrollo es la velocidad y la calidad de la transmisión de datos. Un retraso de tan solo 250 milisegundos (ms) es lo suficientemente significativo como para dificultar la realización de maniobras quirúrgicas si se comparan con las realizadas en tiempo real¹⁴.

La Operación Lindbergh supuso un verdadero hito, al permitir la realización de una telecirugía cubriendo miles de kilómetros con un retraso en la señal de tan solo 155 ms mediante fibra óptica^{15,16}. El proyecto fue un éxito, pero los recursos puestos en marcha para el proyecto distan mucho de hacerse accesibles en mucho tiempo.

La solución final para el desarrollo de la CR en cualquier contexto sería la automatización de procedimientos. Esta tecnología exigiría una integración de imagen y robot en tiempo real, así como una plataforma capaz de reconocer la anatomía del paciente, el desplazamiento de los órganos, las distintas etapas de la cirugía, etc. En la actualidad, existen sistemas capaces de ejecutar tareas simples de manera automática tales como la ablación de vías aberrantes para el tratamiento de la fibrilación auricular^{17,18}. No obstante, esta vía de innovación es extremadamente compleja de desarrollar y, aunque se esperan resultados prometedores, todavía tendremos que esperar tiempo hasta obtener soluciones tecnológicas importables al escenario clínico.

Sin embargo, el escenario actual nos brinda innovaciones y desarrollos verdaderamente atractivos.

El concepto de fusión de tecnologías e hibridación ofrece infinitas posibilidades, pero también numerosos problemas. El punto de partida es identificar una aplicación clínica en la que el abordaje híbrido ofrezca ventajas indudables. Además, es necesario rediseñar los espacios de trabajo que integren los sistemas de abordaje quirúrgico, endoscópico y de imagen. Finalmente, y probablemente lo más importante, es necesario desarrollar y formar nuevos cirujanos o "cirujanos híbridos", cirujanos con un inevitable perfil multidisciplinar muy especializado. Para ilustrar esta tendencia es posible revisar algún Proyecto como el IsisScope®/Anubiscope®, un sistema endoscópico multicanal fusionado en el robot STRAS (*single-access transluminal robotic assistance for surgeons*) (Figura 4), que ha sido utilizado con éxito para realizar resecciones endoscópicas submucosas en animal de experimentación¹⁹.

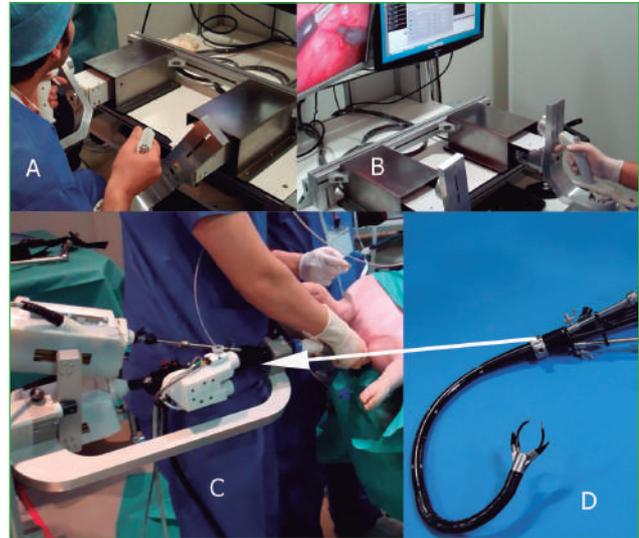


Figura 4. Sistema endoscópico robótico STRAS. ©2015 Marescaux y Diana.

CONCLUSIONES

La CR es un ejemplo significativo de la innovación llevada a cabo en cirugía durante los últimos años. Aunque la introducción de estas innovaciones no siempre se ha precedido de un proceso de investigación controlada, existen ejemplos muy significativos de evaluación del proceso de innovación en CR con herramientas como la guía IDEAL. En un futuro, un área importante de la innovación en cirugía dependerá de la CR que, junto con otras disciplinas como la radiología y la endoscopia, formará parte de un nuevo concepto de abordaje híbrido. Este tipo de abordaje combinará las mejores características de las técnicas que lo componen con el objetivo de optimizar la asistencia a nuestros pacientes y, probablemente, exigirá un cambio radical en la cirugía actual.

BIBLIOGRAFÍA

1. Diana M, Marescaux J. Robotic surgery. *Br J Surg*. 2015;102:e15-28.
2. Tekkis PP, Senagore AJ, Delaney CP, Fazio VW. Evaluation of the learning curve in laparoscopic colorectal surgery: comparison of right-sided and left-sided resections. *Ann Surg* 2005;242:83-91.
3. Marescaux J, Diana M. Inventing the future of surgery. *World J Surg*. 2015;39:615-22.
4. Kwok YS, Hou J, Jonckheere EA, Hayati S. A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery. *IEEE Trans Biomed Eng* 1988;35:153-160.
5. Harris SJ, Arambula-Cosio F, Mei Q, et al. The Probot – an active robot for prostate resection. *Proc Inst Mech Eng H* 1997;211:317-325.

6. Paul HA, Bargar WL, Mittlestadt B, et al. Development of a surgical robot for cementless total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1992;285:57–66.
7. Gidaro S, Altobelli E, Falavolti C, et al. Vesicourethral anastomosis using a novel telesurgical system with haptic sensation, the Telelap Alf-X: a pilot study. *Surg Technol Int* 2014;24:35–40.
8. Rogers W, Lotz M, Hutchison K, et al. Identifying surgical innovation: a qualitative study of surgeons' views. *Ann Surg.* 2014;259:273–278.
9. Hughes-Hallett A, Mayer EK, Marcus HJ, et al. Quantifying innovation in surgery. *Ann Surg.* 2014;260:205–11.
10. Strasberg SM, Ludbrook PA. Who oversees innovative practice? Is there a structure that meets the monitoring needs of new techniques? *J Am Coll Surg.* 2003;196:938–948.
11. Geiger JD, Hirschl RB. Innovation in surgical technology and techniques: Challenges and ethical issues. *Semin Pediatr Surg.* 2015;24:115–21.
12. McCulloch P, Altman DG, Campbell WG, et al. No surgical innovation without evaluation: the IDEAL recommendations. *Lancet.* 2009; 374: 1105–1112.
13. Diez del Val I, Loureiro C, McCulloch P. The IDEAL prospective development study format for reporting surgical innovations. An illustrative case study of robotic oesophagectomy. *Int J Surg.* 2015;19:104–11.
14. Dahm P, Sedrakyan A, McCulloch P. Application of the IDEAL framework to robotic urologic surgery. *Eur Urol.* 2014;65:849–51.
15. Lum MJ, Rosen J, King H, et al. Teleoperation in surgical robotics –network latency effects on surgical performance. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2009;2009:6860–6863.
16. Rayman R, Croome K, Galbraith N, et al. Long-distance robotic telesurgery: a feasibility study for care in remote environments. *Int J Med Robot* 2006;2:216–224.
17. Marescaux J, Leroy J, Gagner M, et al. Transatlantic robot-assisted telesurgery. *Nature* 2001;413:379–380.
18. Padoy N, Hager GD. Spatio-temporal registration of multiple trajectories. *Med Image Comput Comput Assist Interv* 2011;14:145–152.
19. Pappone C, Vicedomini G, Manguso F, et al. Robotic magnetic navigation for atrial fibrillation ablation. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1390–1400.

Desarrollo de la cirugía robótica y las plataformas actuales

S MORALES-CONDE, I ALARCÓN, A BARRANCO, M SOCAS MACÍAS

Unidad de Innovación en Cirugía Mínimamente Invasiva. Servicio de Cirugía General y Digestiva.
Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla

Correspondencia: smoralesc@gmail.com

RESUMEN

Una vez instaurada la cirugía mínimamente invasiva como una alternativa real al abordaje abierto, el desarrollo de esta tiene como objetivo potenciar la minimización del trauma a la pared abdominal, desarrollando la mini-laparoscopia, el NOTES y el puerto único (PU). Este tipo de abordaje también intentó resolver ciertas limitaciones que presentaba y que podrían influir en la seguridad, naciendo la cirugía robótica, la cual soluciona los déficit asociados al abordaje laparoscópico, mejorando la visión, introduciendo el uso de un instrumental que facilita movimientos más exactos, sin temblor, y que trabaja en todos los ángulos, mejorando además la ergonomía y comodidad para el cirujano.

El sistema Da Vinci® ha ido evolucionando desde su aparición en el mercado en 1998, pasando por el Da Vinci® Estándar, el "S", y el "Si", experimentando un gran crecimiento con la plataforma "Xi". Esta plataforma mejora la maniobrabilidad durante el posicionamiento, permite trabajar en diferentes cuadrantes, mejorando la imagen y la maniobrabilidad, con instrumentos más pequeños, mayor grado de movimientos y más finos, lo cual además permite su adaptación al PU.

Dado que el coste es uno de los mayores inconvenientes de la robótica, debe realizarse un esfuerzo por demostrar su relevancia en mejorar la calidad de vida, por medio de la preservación nerviosa, así como demostrar los efectos positivos que tiene sobre el cirujano, disminuyendo la fatiga mental y física; demostrar, asimismo, la aportación que hace su maniobrabilidad trabajando en espacios pequeños, como en la pelvis o la unión esófago-gástrica, mostrar las aportaciones que hace a nuevas vías de abordaje como el PU y el NOTES, y demostrar cómo puede mejorar su eficacia en conjunto con sistemas de cirugía guiada por la imagen,

tales como la fluorescencia, la microscopia confocal o la reconstrucción virtual del campo operatorio.

Palabras claves: robótica, Da Vinci, plataformas, puerto único, NOTES

INTRODUCCIÓN

El abordaje mínimamente invasivo es considerado por muchos cirujanos como una verdadera revolución en la historia de la cirugía. Esta forma de llevar a cabo los procedimientos quirúrgicos ha marcado el inicio de una nueva era que se asocia a un concepto novedoso basado en llevar a cabo los diferentes actos quirúrgicos, disminuyendo el daño y el trauma al paciente, pero obteniendo los mismos resultados que con los abordajes tradicionales. Los inicios de esta etapa estuvieron llenos de expectativas pero, como la mayoría de las propuestas innovadoras, encontraron sus detractores que pusieron en duda su eficacia y seguridad, basándose fundamentalmente en el aumento de lesiones de la vía biliar durante la colecistectomía y la aparición de implantes tumorales en los orificios de los trócares. Afortunadamente, estos hechos fueron fruto de la falta de experiencia y de la insuficiencia tecnológica. Posteriormente, una vez pasada esta fase inicial, las importantes ventajas que presentaba esta nueva vía de abordaje permitió su desarrollo, expansión e implementación en la mayoría de las disciplinas quirúrgicas a nivel mundial, siendo acompañado de un importante desarrollo tecnológico que aporta, actualmente, seguridad al procedimiento y optimización de los resultados.

Una vez instaurado el abordaje laparoscópico como una alternativa real al abordaje abierto, el desarrollo de la cirugía mínimamente invasiva tuvo prácticamente desde su inicio un objetivo ambicioso consistente en mejorar constantemente sus resultados. Por un lado, se

intentó potenciar la disminución del trauma a la pared abdominal, desarrollándose inicialmente la mini-laparoscopia, para posteriormente intentar alcanzar el máximo exponente de estos conceptos; es decir, realizar un procedimiento sin cicatriz y sin realizar ningún trauma a la pared abdominal. Este proceso nace como respuesta a los problemas encontrados durante el desarrollo de la cirugía a través de orificios naturales (NOTES). La falta de desarrollo tecnológico en el entorno NOTES no ha permitido un nivel de desarrollo suficiente pero, sin embargo, ha permitido la aparición de tecnologías puente como es el caso de la cirugía a través de incisión única.

En este proceso de mejora de los resultados de la cirugía laparoscópica también se han intentado resolver otras limitaciones de este abordaje, fundamentalmente problemas de imagen, el efecto espejo durante el manejo de las pinzas, limitaciones en los grados de libertad del movimiento de los instrumentos y la falta de ergonomía.

En este escenario es precisamente donde nace el concepto de la cirugía robótica, ya que viene a solucionar los déficit asociados al abordaje laparoscópico, mejorando la visión mediante la aplicación de la tercera dimensión durante el procedimiento utilizando un sistema 3D, a la vez que introduce el uso de un instrumental que facilita movimientos más exactos, sin temblor, y que es capaz de trabajar en todos los ángulos, al igual que la muñeca de un cirujano, mejorando la ergonomía.

DESARROLLO DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA

Realmente, los orígenes de la cirugía robótica no están vinculados al concepto de aumento de la seguridad del paciente, sino asociados al concepto de seguridad del cirujano. Es decir, al desarrollo de la telecirugía en entornos de riesgo como en conflictos bélicos. En este sentido, un proyecto de colaboración entre la NASA y el Stanford Research Institute (SRI) resultó en el desarrollo de un concepto de telemanipulación de instrumental quirúrgico a distancia, dándose la circunstancia de que, además, dicho instrumental presentaba un mayor grado de movimientos en comparación con una pinza recta convencional utilizada durante el abordaje laparoscópico. A la vez que Intuitive Surgical Inc. comercializó el prototipo descrito previamente, Computer Motion Inc. lanzó al mercado un brazo robótico controlado por la voz conocido como Easop[®], desarrollado para realizar el control de la cámara y la óptica durante el procedimiento quirúrgico sin tener que depender de movimientos erróneos, sistema que fue aprobado por la FDA en 1994¹.

Paralelamente, en distintos centros y universidades se desarrollaron diferentes brazos robóticos para el manejo, fundamentalmente, de la cámara con el objetivo de conseguir una imagen estable y precisa, no

sometida al temblor derivado de la fatiga del ayudante y sin los errores derivados del manejo de la cámara por el efecto espejo. Sin embargo, la mayoría de estos prototipos no llegaron a comercializarse. Durante estas etapas de desarrollo, en las que tampoco faltó instrumental robotizado para conseguir mayores grados de movimiento, la cirugía asistida por robot iba a cubrir un objetivo diferente de por el que fue concebida; es decir, llevar a cabo un procedimiento a distancia, centrándose fundamentalmente en conseguir como nuevo objetivo una mayor seguridad para el paciente, basada en una cirugía más precisa realizada por un cirujano en una posición ergonómica, disminuyendo el grado de fatiga y, como consecuencia, optimizando los resultados de la cirugía.

De esta forma, la cirugía robótica encontró realmente sus posibilidades de aplicación en el desarrollo de una plataforma que ayudara al cirujano en su día a día, facilitando el procedimiento quirúrgico, aumentando la seguridad para el paciente y disminuyendo la fatiga del cirujano. En este sentido, Computer Motion Inc añadió a su prototipo inicial el desarrollo de un telemanipulador robótico conocido como Zeus, que consistía en un sistema de cirugía remota “maestro-esclavo” con tres brazos. Este sistema fue adquirido por su competidor en el mercado, lo que permitió el desarrollo de la plataforma Da Vinci[®], que fue lanzada al mercado y que ha sido durante años el único robot comercializado para cirugía endoscópica, siendo realizado el primer procedimiento con este sistema en 1998.

Los primeros intentos para asentar en el mercado al sistema Da Vinci[®] estuvieron relacionados con la cirugía cardiaca y fundamentalmente orientados a la realización de los *by-pass* coronarios, no encontrando grandes ventajas en este procedimiento. Sin embargo, su desarrollo en urología dada la dificultad técnica que conlleva la realización de las anastomosis durante la prostatectomía radical promovió la utilización de esta herramienta. Posteriormente, y de manera progresiva, esta plataforma robótica se ha ido utilizando en otros campos tales como la cirugía general o la ginecología, habiéndose realizado a fecha de 2014 más de un millón y medio de procedimientos con este sistema con las más de 3.000 plataformas Da Vinci[®] instaladas a nivel internacional².

En cualquier caso, y con independencia del rumbo tomado por el desarrollo de la cirugía robótica, el sueño de los ingenieros y cirujanos pioneros consistía en la posibilidad de llevar a cabo un procedimiento quirúrgico desde un control remoto. Así, esta idea cristalizó en 2001 en la denominada “Lindbergh operation”, donde J Marescaux y su equipo realizaron el primer procedimiento robótico a distancia desde Nueva York (EEUU) a Estrasburgo (Francia)^{3,4}. El proyecto contó con un so-

porte tecnológico muy importante para mantener una conexión de calidad y estable, ya que el retraso en la transmisión podría limitar el procedimiento⁵. Gracias a la colaboración con France Telecom se consiguió trabajar con una velocidad de desfase de tan solo 155 milisegundos (ms), permitiendo realizar una colecistectomía sin ningún incidente en tan solo 54 minutos⁶.

Finalmente, es importante destacar que viabilidad técnica y seguridad clínica no son los únicos problemas a resolver para permitir el desarrollo de la telecirugía. El equilibrio entre desarrollo tecnológico, beneficios clínicos y costes será determinante para el futuro de este tipo de proyecto.

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA: EL IMPULSO PARA SEGUIR AVANZANDO

El primer aspecto a tener en cuenta a la hora de analizar de una forma crítica la robótica viene asociado al concepto intrínseco semántico de la palabra robot, ya que es un término usado erróneamente en este contexto dado que no se trata de un procesador automático que realiza una función de forma independiente. En realidad se trata de un sistema de ópticas e instrumentos manejado a distancia, asociado al concepto de “maestro-esclavo”, ya que es manejado por un cirujano a distancia, el cual establece y determina cada último movimiento del sistema que maneja a distancia. Pero a pesar del uso incorrecto de esta terminología, el término robot se ha asociado en cirugía a la acción realizada, fundamentalmente, por el sistema Da Vinci[®], el cual ha conseguido que su nombre se relacione de forma inequívoca con el término de cirugía robótica.

Los problemas asociados al desarrollo de la cirugía robótica no se basan únicamente en un problema semántico, ya que la gran preocupación para el sistema sanitario de este abordaje viene relacionado con el alto coste asociado al procedimiento, especialmente en el contexto actual en el que no ha conseguido demostrar grandes beneficios clínicos. En este sentido, el consenso publicado recientemente por la European Association for Endoscopic Surgeons (EAES)⁷ muestra que no existen beneficios directos para el paciente con un grado de evidencia alta en ninguno de los procedimientos analizados en el campo de la cirugía general y digestiva, demostrando únicamente un potencial campo de aplicación en procedimientos complejos realizados en campos quirúrgicos de difícil acceso.

El desarrollo de la tecnología asociada al abordaje laparoscópico en los últimos años ha permitido el desarrollo de las habilidades necesarias por los cirujanos para realizar estos procedimientos de forma muy segura y en tiempos muy reducidos comparados con los

tiempos en el inicio de este abordaje. Este desarrollo ha permitido que, desde el punto de vista de coste-beneficio, la cirugía asistida por robot esté en entredicho. Pero independientemente del crítico análisis que se hace de la cirugía robótica desde el punto de vista de coste-beneficio, este abordaje se ha enfrentado a dos importantes inconvenientes, su tiempo de colocación y la dificultad de trabajar en diferentes campos, que conllevaría la recolocación del robot, factores que retrasaban de forma considerable el procedimiento. Se trata de hechos que se han corregido recientemente por la experiencia adquirida por el personal de quirófano, y que se han resuelto definitivamente con la nueva generación de Da Vinci[®], conocida como “Xi”.

Todos estos conceptos y críticas no son completamente aplicables a todas las indicaciones, encontrando el sistema Da Vinci[®] su aplicabilidad gracias a una mejora potencial de las ventajas del abordaje laparoscópico convencional en la prostatectomía radical, en el campo de la urología, y en el campo de la cirugía esofágica y del recto^{8,9}, en la cirugía digestiva, ya que son campos pequeños, de difícil acceso y que podría mejorar la preservación de los nervios de la zona⁹, realizando una cirugía más funcional, la linfadenectomía y las anastomosis. Pero, además, y tal y como comentábamos al principio, el conceptual avance de la cirugía mínimamente invasiva en seguridad y minimización del daño, podría cruzarse con el abordaje robótico en el contexto de sus nuevas plataformas, facilitando estos novedosos y complejos nuevos abordajes quirúrgicos, tales como el puerto único¹⁰ o el NOTES, o procedimientos derivados de estos conceptos, tales como en la cirugía transanal para la extirpación total del mesorrecto^{11,12}.

Realmente, la visión y la libertad de movimientos de los instrumentos en todos los ángulos, que permite la disección y la sutura, junto con la independencia del cirujano del manejo de varios instrumentos y la óptica desde una posición cómoda y ergonómica, son factores que facilitan la cirugía. En cambio, uno de los factores desde el punto de vista técnico asociado al abordaje robótico que está por resolver es la falta de sensación táctil, al no tener contacto directo con los instrumentos, a pesar de que los usuarios del sistema Da Vinci[®] describen cómo la calidad de la visión y la experiencia adquirida suplen de forma adecuada esa falta de sensibilidad de la que adolece el cirujano al mover los brazos robóticos y prensar el tejido.

Podemos decir que las grandes aportaciones de la cirugía asistida por robot están siendo recogidos por el desarrollo tecnológico de la cirugía mínimamente invasiva y ha facilitado un impulso a la misma. Algunos artículos⁸⁻¹³ describen que realmente la gran apor-

tación del sistema Da Vinci® es la mejora de la visión. Actualmente, podemos tener en nuestros quirófanos excelentes sistemas 3D para cirugía endoscópica, junto con los sistemas de fluorescencia¹⁴, que también lo aporta Da Vinci®, sin necesidad de tener un robot. Por otro lado, y en este sentido, se han desarrollado también instrumentos para laparoscópica convencional y que consisten en pinzas robotizadas imitando a los costosos brazos de Da Vinci®. Sin duda, las aportaciones hechas por Da Vinci® seguirán llegando al mercado de una u otra forma, pero todo esto no significa que la cirugía robótica esté en una fase de desaparición, dado que las nuevas plataformas robóticas siguen aportando nuevas innovaciones, aunque deberían hacerlo con precios más accesibles. De esta forma, por el contrario a lo comentado anteriormente, consideramos que la cirugía robótica está realmente en su infancia y tiene aún mucho que aportar y desarrollarse para conseguir una cirugía menos invasiva y más segura.

NUEVAS PLATAFORMAS Y PERSPECTIVAS DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA

El sistema Da Vinci® ha ido evolucionando desde su aparición en el mercado en 1998, habiendo existido tres versiones previas del mismo hasta la aparición de la nueva generación: el Da Vinci® Estándar, el cual desapareció del mercado en 2007 tras la aparición en 2006 de la siguiente generación, conocida como "S". El Da Vinci® "S" continuó hasta 2011, cuando fue sustituido por el sistema "Si", el cual permitió la incorporación de muchas novedades tecnológicas, tales como el uso de energía.

Recientemente, la plataforma Da Vinci® ha experimentado un importante desarrollo con la aparición de la última generación, conocida como "Xi", la cual mejora la maniobrabilidad durante el tiempo de posicionamiento, no precisando reposicionarlo para trabajar en diferentes campos. Asimismo, mejora la imagen con cámaras y ópticas más ligeras y compactas que pueden ser colocadas en cualquier brazo, ofreciendo a la vez una imagen de mejor definición. Por último, esta última generación presenta unos brazos más pequeños, largos y delgados, además de contar con nuevas articulaciones que permiten mayor rango de movimientos. Estos cambios sobre el instrumental facilitan su uso en procedimientos por puerto único¹.

Independientemente del sistema Da Vinci® "Si", están ya apareciendo en el mercado o desarrollándose a nivel experimental nuevas plataformas robóticas similares a este, tanto para cirugía laparoscópica convencional (proyecto ARAKNES) como plataformas específicas para puerto único¹⁵. Asimismo, se están llevando a cabo y desarrollándose prototipos para in-

tentar solventar los problemas asociados a la falta de sensación táctil que presenta la cirugía robótica¹⁶.

Pero el desarrollo de los nuevos robots está centrado, por un lado, en la minimización del tamaño de la plataforma y, por otro, en el sistema de acceso.

Además, la evolución de los sistemas robóticos trabaja en plataformas que se adapten externamente al paciente e incluso en robots que naveguen por el interior de la cavidad abdominal. Estos últimos pueden desplegarse en el abdomen y también existen sistemas endoscópicos diagnósticos y terapéuticos¹⁷. Este concepto de miniaturización de los robots se está desarrollando incluso para la utilización de múltiples mini-robots con distintas tareas que se desempeñan de manera sincrónica y coordinada. Estos conceptos son los que realmente pueden impulsar en el futuro el desarrollo del NOTES, del puerto único¹⁸ y de procedimientos endoscópicos intraluminales avanzados, tales como la disección endoscópica submucosa¹⁹, existiendo ya prototipos como la plataforma MASTER, desarrollada por el Singapore's Nanyang Technological University and National University Hospital²⁰.

Recientemente ha sido publicada una revisión en referencia a estas nuevas plataformas²¹ y, tras un extenso análisis de la literatura, se han descrito ya once sistemas robóticos para puerto único y seis para el desarrollo del NOTES. La mayoría de estos sistemas poseen una unidad de visión y al menos dos brazos para la manipulación de los tejidos que se despliegan desde un canal, cuyo diámetro menor descrito es de 12 mm. De todos estos sistemas solo unos pocos han mostrado una verdadera aplicabilidad en la fase de desarrollo en la que están.

Finalmente, en el extremo de la miniaturización de plataformas robóticas encontramos los nano-robots. Esta tecnología se encuentra enfocada al tratamiento selectivo de enfermedades y fabricados de manera individualizada para cada paciente²², localizando y atacando células cancerígenas intravasculares, estando relacionado también con avances en la aplicación selectiva de células madre, el tratamiento selectivo de la arterioesclerosis, la trombosis, la urolitiasis, etc.²³. Estos nano-robots estarían manejados con sistemas de energía basada en campos magnéticos y energía biológica, pudiendo llegar a ser sistemas de aplicación selectiva de fármacos y manipulación del DNA²³⁻²⁵.

Todos estos sistemas robóticos quirúrgicos van a tener un desarrollo paralelo a la cirugía guiada por la imagen, que aportará seguridad al procedimiento, debido a que aportará una mayor precisión, a la vez que mejoras en los sistemas de navegación y acceso a las áreas donde llevar a cabo el procedimiento quirúrgico. En este sentido, la planificación preoperatoria basada en la imagen

tendrá un papel importante junto con el uso de imágenes intraoperatorias para obtener una mayor precisión, incluso ajustándola al movimiento fisiológico de los órganos, su flexibilidad y deformidad ante la posición del paciente o la presión²⁵. Estos sistemas de navegación basados en la imagen preoperatoria obtenidas por TAC o RNM pueden ser muy útiles también en la enseñanza y en la telemonitorización de los procedimientos. Por otro lado, la microscopia endoscópica a tiempo real y la fluorescencia son elementos que se aliarán a la robótica para mejorar sus resultados y efectividad. En el caso de la fluorescencia, actualmente utilizada en cirugía abdominal para la identificación de la vía biliar y para valorar la vascularización de las anastomosis, tendrá una papel importante en el desarrollo de un mapa ganglionar durante la cirugía oncológica, que puede dirigir a los mini-robots para realizar una procedimiento más preciso, incluso facilitando la identificación por este sistema de estructuras anatómicas de la zona. De hecho, este sistema de fluorescencia ya se encuentra incluido en la nueva plataforma Da Vinci® “Xi”.

Finalmente, todo este desarrollo debe estar asentado sobre una correcta valoración coste-beneficio de los procedimientos para que realmente se pueda imponer en nuestra práctica diaria. Sin duda, la robótica ergonómica, segura, miniaturizada y guiada por la imagen tendrá su papel en el futuro de la cirugía.

En la actualidad, solo tenemos disponible el sistema Da Vinci® “Xi”, el cual debe realizar un esfuerzo por demostrar su papel en la mejora de los resultados de la cirugía, la calidad de vida de los pacientes, así como demostrar los efectos positivos que tiene sobre el cirujano disminuyendo la fatiga mental y física; demostrar, asimismo, la aportación que hace su maniobrabilidad trabajando en espacios pequeños como en la pelvis o la unión esófago-gástrica, mostrar las aportaciones que hace a nuevas vías de abordaje, como el puerto único y el NOTES, y demostrar cómo puede mejorar su eficacia en conjunto con sistemas de cirugía guiada por la imagen, tales como la fluorescencia, la microscopia confocal o la reconstrucción virtual del campo operatorio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Heemskerk J, Bouvy ND, Baeten CGMI. The end of robot-assisted laparoscopy? A critical appraisal of scientific evidence on the use of robot-assisted laparoscopic surgery. *Surg Endosc*. 2014;28:1388-98.
2. Broeders IAMJ. Robotics: The next step? *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. 2014;28:225-232.
3. Marescaux J, Leroy J, Gagner M, et al. Transatlantic robot-assisted telesurgery. *Nature*. 2001;413:379-80.
4. Jacques Marescaux J, Leroy J, Rubino F, et al. Transcontinental Robot-Assisted Remote Telesurgery: Feasibility and Potential Applications *Ann Surg*. 2002;235:487-492.
5. Mack MJ. Minimally invasive and robotic surgery. *JAMA* 2001;285:568-572.
6. Satava RM. Emerging technologies for surgery in the 21st century. *Arch Surg* 1999;134:1197-1202.
7. Szold A, Bergamaschi R, Broeders I, et al. European Association of Endoscopic Surgeons (EAES) consensus statement on the use of robotics in general surgery. *Surg Endosc*. 2015;29:253-88.
8. Pai A, Melich G, Marecik SJ, Park JJ, Prasad LM. Current status of robotic surgery for rectal cancer: A bird's eye view. *J Minim Access Surg*. 2015;11:29-34.
9. D'Annibale A, Pernazza G, Monsellato I, et al. Total mesorectal excision: a comparison of oncological and functional outcomes between robotic and laparoscopic surgery for rectal cancer. *Surg Endosc*. 2013;27:1887-95.
10. Spinoglio G, Lenti LM, Ravazzoni F, Formisano G, Pagliardi F, Marano A. Evaluation of technical feasibility and safety of Single-Site™ robotic right colectomy: three case reports. *Int J Med Robot*. 2015;11:135-40.
11. Atallah S, Martin-Perez B, Pinan J, et al. Robotic transanal total mesorectal excision: a pilot study. *Tech Coloproctol*. 2014;18:1047-53.
12. Verheijen PM, Consten EC, Broeders IA. Robotic transanal total mesorectal excision for rectal cancer: experience with a first case. *Int J Med Robot*. 2014;10:423-6.
13. Du X. [Current status and novel approach of robotic surgery for rectal cancer]. *Zhonghua Wei Chang Wai Ke Za Zhi*. 2015;18:755-8.
14. Daskalaki D, Fernandes E, Wang X, et al. Indocyanine green (ICG) fluorescent cholangiography during robotic cholecystectomy: results of 184 consecutive cases in a single institution. *Surg Innov*. 2014;21:615-21.
15. Kobayashi Y, Sekiguchi Y, Noguchi T, et al. Development of a robotic system with six-degrees-of-freedom robotic tool manipulators for single-port surgery. *Int J Med Robot*. 2015;11:235-46.
16. Beyl T, Nicolai P, Mönnich H, Raczkowsky J, Wörn H. Haptic feedback in OP:Sense - augmented reality in telemanipulated robotic surgery. *Stud Health Technol Inform*. 2012;173:58-63.
17. Fisher LR, Hasler WL. New vision in video capsule endoscopy: current status and future directions. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 2012;9:392-405.
18. Zygomalas A, Kehagias I, Giokas K, Koutsouris D. Miniature surgical robots in the era of NOTES and LESS: dream or reality? *Surg Innov*. 2015;22:97-107.
19. Tiwaru MM, Reynoso J, Lehman AC, Tsang AW, Farritor SM, Oleynikov D. In vivo miniature robots for natural orifice surgery: state of art and future perspectives. *World J Gastrointest Surg*. 2010;2:217-23.
20. Phee SJ, Ho KY, Lomanto D, et al. Natural orifice transgastric endoscopic wedge hepatic resection in an experimental model using an intuitively controlled master and slave transluminal endoscopic robot (MASTER). *Surg Endosc*. 2010;24:2293-8.
21. Zhao J, Feng B, Zheng MH, Xu K. Surgical robots for SPL and NOTES: a review. *Minim Invasive Ther Allied Technol*. 2015;24:8-17.
22. Patel GM, Patel GC, Patel RB, Patel JK, Patel M. Nanorobot: a versatile tool in nanomedicine. *J Drug Target*. 2006;14:63-7.
23. Hill C, Amodeo A, Joseph JV, Patel HR. Nano- and micro-robotics: how far is the reality? *Expert Rev Anticancer Ther*. 2008;8:1891-7.
24. Holligan DL, Gilles GT, Dailey JP. Magnetic guidance of ferrofluidic nanoparticles in an in vivo model of intraocular retinal repair. *IOP Nanotechnol*. 2003;14:661-6.
25. Ukimura O, Gills IS. Image-fusion, augmented reality and predictive surgical navigation. *Urol Clin North Am*. 2009;36:115-23.

Formación y acreditación en cirugía robótica

E ORTIZ OSHIRO, B LASSES MARTÍNEZ, AJ TORRES GARCÍA

Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital Clínico San Carlos. Madrid

Universidad Complutense de Madrid

RESUMEN

La introducción de la tecnología robótica en la práctica clínica de un centro hospitalario afecta de muchas formas tanto al equipo quirúrgico como a otros departamentos implicados en el proceso quirúrgico. Es una gran oportunidad de colaboración interdisciplinar y de intensificar la actividad investigadora y docente de los profesionales responsables.

La formación en cirugía robótica se articula en torno al aprendizaje teórico y práctico del funcionamiento del robot, los cursos de formación, los simuladores virtuales y la interacción entre equipos quirúrgicos noveles con otros experimentados en los diversos procedimientos. En cuanto a la acreditación, son los hospitales y las sociedades profesionales los que directamente deben asumir dicha responsabilidad.

Palabras clave: formación quirúrgica, acreditación quirúrgica, cirugía robótica

ELEMENTOS DIFERENCIALES DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA

PC Giulianotti, conocido pionero y gran impulsor de la cirugía robótica digestiva a nivel internacional, hablaba en 2008 de la “revolución virtual” como el verdadero elemento diferenciador del abordaje robótico. Más allá de las ventajas por todos conocidas que aporta el robot Da Vinci® (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA, USA) (visión 3D, articulación de los instrumentos, aumento de la precisión y eliminación del temblor, etc.), este experto se refería al hecho de que el sistema robótico convierte la intervención en un proceso con dos brazos: uno aferente, que sería la adquisición de la imagen virtual, y otro eferente, que sería la respuesta del cirujano en forma de movimiento que se traslada al campo real. La computarización

del acto quirúrgico puede introducir en el mismo una enorme variedad de mejoras, que siempre estarán controladas por la mente del cirujano, que es la que toma las decisiones¹.

Cuando un cirujano empieza a operar desde la consola del robot experimenta una situación diferente de la habitual en muchos aspectos^{2,3}:

- Separación del paciente y del resto del equipo quirúrgico. En realidad, este es el elemento clave de la cirugía telemanipulada o “telecirugía”.
- Lo anterior, unido a las características del sistema robótico, produce al principio una doble sensación, aparentemente paradójica pero muy comprensible: por un lado, uno se siente “inmerso” en el campo quirúrgico y capaz de controlarlo completamente (tanto los movimientos de la óptica como los instrumentos dependen del cirujano); y, por otro, uno siente que estar “lejos” del paciente lo coloca en una posición comprometida de dependencia del resto del equipo (por ejemplo, para los cambios de instrumental). Esto hace que la sintonía del equipo sea fundamental.
- Además, el cirujano previamente habituado a la cirugía laparoscópica experimenta las diferencias ventajosas del sistema robótico. Fundamentalmente, la visión tridimensional y la articulación de los extremos de los instrumentos. Esto, de alguna forma, establece un puente hacia la cirugía abierta, recuperándose habilidades que “se perdieron” con la laparoscopia y aumentando la precisión y la destreza, así como la ergonomía durante la intervención.
- Pero también se experimentan inconvenientes: el más importante al principio es la falta de percepción táctil. Con la experiencia, este deja de ser un

problema porque se va adquiriendo lo que se ha descrito en la literatura como “tacto visual”, de la mano de la visión 3D magnificada.

Todo lo descrito hasta aquí se refiere al cirujano que está en la consola, pero hay que tener en cuenta que cualquier intervención depende de todo el equipo quirúrgico, y que esta obviedad es más cierta, si cabe, cuando se realiza cirugía robótica por la peculiar disposición de los actores en el escenario quirúrgico.

Por eso la formación debe implicar a todos: cirujanos, anestesiólogos, enfermeras y todo el personal del quirófano. En realidad, no solo del quirófano. La introducción de la cirugía robótica en un centro hospitalario es un hecho que repercute en la institución a todos los niveles (asistencial, investigador, docente) y que tiene un impacto mensurable en la calidad de la atención a los pacientes, y también en la trayectoria de los profesionales implicados.

REQUERIMIENTOS DE UN PLAN DE CIRUGIA ROBÓTICA

Hasta el momento, hablar de “cirugía robótica” es hablar de procedimientos realizados, en su totalidad o en parte, con el sistema robótico Da Vinci®. El concepto en realidad es erróneo, ya que este sistema no actúa por sí mismo (como un robot), sino que se comporta como un sistema “maestro – esclavo” que tiene que estar manipulado por un cirujano en tiempo real³.

El robot Da Vinci® fue aprobado por la FDA americana para cirugía general en el año 2000. Desde ese momento, el volumen de procedimientos robóticos aumentó exponencialmente, sobre todo en urología (prostatectomía radical) y en ginecología (cirugía oncológica). Algunos grupos pioneros en cirugía general y digestiva fueron: Ruurda y cols (Utrecht, Países Bajos)⁴, Weber PA y cols (New Jersey, USA)⁵, Hashizume M y cols (Fukuoka, Japón)⁶, Talamini M y cols (Baltimore, USA)⁷, Horgan S y cols (Chicago, IL, USA)⁸ y Giulianotti PC y cols (Grosseto, Italia)⁹.

La introducción de cualquier nueva tecnología en la práctica quirúrgica supone cambios cuyo impacto en la calidad de la atención del paciente deben ser considerados antes de dicha introducción y evaluados posteriormente. Si la tecnología a introducir implica un cambio en el planteamiento técnico del procedimiento tan importante como la cirugía robótica, que afecta a todos los miembros del equipo quirúrgico, debe diseñarse un plan de actuación que considere todos los elementos del proceso, con el fin de conseguir objetivos definidos y, en última instancia, el éxito del programa.

En 2006, uno de los grupos de urólogos con más experiencia robótica publicó los elementos esenciales para el establecimiento de un programa de cirugía robótica: tener objetivos claros desde el principio, establecer las indicaciones iniciales y la línea temporal del proyecto. Además debería realizarse un análisis financiero del impacto del uso del robot. Por otra parte, este grupo consideraba primordial crear un equipo quirúrgico cohesionado y armónico, con un entorno favorable al éxito. Sus componentes esenciales deberían ser cirujanos, enfermeros, otros médicos vinculados al proyecto, residentes, un coordinador del programa y un equipo de marketing y análisis financiero¹⁰.

En España, el primer hospital de la red sanitaria pública que incorporó un sistema robótico Da Vinci® fue el Hospital Clínico San Carlos (HCSC) de Madrid. La fase de preparación fue larga, y los primeros pacientes se operaron en el mes de julio de 2006. El Director del Plan de Cirugía Robótica del HCSC fue el Prof. J. Álvarez Fernández-Represa, Jefe del Servicio de Cirugía de dicho Hospital^{11,12}. Tuvimos grandes profesores, como el Prof. A. D’Annibale (Ospedale Civile Camposampiero, Padua, Italia)¹³ y el Prof. S. Horgan (University of Illinois Hospital, Chicago, USA)⁸. Desde su diseño inicial, el Plan tuvo objetivos muy claros:

- Incorporación progresiva de especialidades. En octubre de 2006 se incorporó Urología y Ginecología lo hizo en abril de 2007.
- Información detallada y estrecho seguimiento clínico de los pacientes, con bases de datos de todos los procedimientos.
- Participación de todos los miembros de los equipos en todas las actividades relacionadas con el robot.
- Intensa actividad investigadora y docente, con un gran esfuerzo de difusión intra y extrahospitalaria.

El cumplimiento de tales objetivos se tradujo en la facilitación del aprendizaje de todo el equipo, una muy interesante colaboración interdisciplinar para muchos procedimientos, una excelente calidad en los resultados clínicos y la realización de un gran número de actividades docentes y divulgativas (seminarios prácticos, reuniones internacionales, cursos, publicaciones, visitas de cirujanos españoles y extranjeros¹²).

FORMACIÓN

Intuitive Surgical, empresa fabricante del sistema robótico Da Vinci®, describe en su página web (www.

intuitivesurgical.com) el proceso de formación focalizado en dos aspectos:

- Conocimiento del robot y desarrollo de destreza.
- Aprendizaje a partir de otros cirujanos ya formados.
- Y cuatro fases:
 - Fases 1 y 2. Conocimiento del sistema y sus aplicaciones. Sesiones de formación práctica en centros acreditados.
 - Fase 3. Acompañamiento por parte de cirujanos robóticos experimentados durante los primeros casos.
 - Fase 4. Formación específica en centros que existen en todo el mundo, con el fin de facilitar la progresión a nuevos procedimientos.

En general, se considera que el aprendizaje de la cirugía robótica es más sencillo para el cirujano que el de la cirugía laparoscópica. Esto no es así para el equipo quirúrgico, y una formación laparoscópica previa facilita notablemente el paso al robot, ya que tanto el abordaje como las posibles complicaciones derivadas de él son similares.

Últimamente existe un gran interés en la literatura por el análisis de la llamada “curva de aprendizaje” mediante el método de monitorización de la evolución (*cummulative summation method* o CUSUM) de los diferentes procedimientos quirúrgicos robóticos en los que se va adquiriendo experiencia. Así, para la cirugía hepática se ha publicado que se alcanza la meseta en 17 intervenciones¹⁴, para la pancreatometomía distal en 10¹⁵ y para la gastrectomía en 12-14 para la fase inicial y en 30 para casos más complejos¹⁶. En la resección anterior baja, un estudio divide la curva de aprendizaje en tres fases: inicial (44 casos), capacitación para asegurar buenos resultados (79 casos) y capacitación para procedimientos complicados (130)¹⁷.

Los simuladores virtuales se consideran herramientas muy útiles para el aprendizaje técnico del desempeño en la consola. Además de los que están integrados en el robot (Da Vinci® Skills Simulator, en los modelos Si y Xi), existen varios tipos de simuladores robóticos en el mercado. El Mimic dV-Trainer® (Mimic Technologies, Seattle, WA, USA) ha sido ampliamente analizado y se considera que puede ser útil para permitir la adquisición de habilidad en la consola de forma segura, antes de la cirugía real, pero las tareas de sutura y anudado requieren mejoras.

El simulador de cirugía robótica (RoSS system) (Simulated Surgical Systems, Williamsville, NY, USA) también se considera un módulo de entrenamiento vá-

lido y capaz de reducir el tiempo necesario para completar tareas en la consola del robot. La experiencia es más limitada con la plataforma SEP-Robot (SimSurgery, Oslo, Noruega), que es una consola conectada a dos instrumentos con siete grados de libertad de movimiento, pero sin visión tridimensional¹⁸.

Entre los principales centros de formación en cirugía robótica internacionales destacaremos: el IRCAD-EITS (Instituto Europeo de Telecirugía) de Estrasburgo (Francia) (www.ircad.fr/training-center), la Escuela Internacional de Cirugía Robótica de Grosseto, Italia, fundada por PC Giulianotti (www.robotic-school.it), el Centro de Formación en Cirugía Robótica Da Vinci de la Universidad de Ohio (USA), el Centro para el Futuro de la Cirugía de la Universidad de San Diego (CA, USA), el Centro Canadiense de Tecnologías Quirúrgicas y Robótica Avanzada (CSTAR) (London, Ontario, Canadá) y el World Laparoscopy Hospital de Gurgaon (India) (<http://worldlaparoscopyhospital.com/>), entre otros muchos.

En España es preciso mencionar dos importantes centros: Iavante, de la Junta de Andalucía, que cuenta con un robot Da Vinci® y realiza cursos de formación en su centro de Granada (Complejo Multifuncional Avanzado de Simulación e Innovación Tecnológica CMAT) (www.iavante.es), y el CENDOS (Centro de Formación en Cirugía Endoscópica) del Hospital Marqués de Valdecilla (Santander), que cuenta con un robot Da Vinci® desde 2010 (<http://hvvaldecilla.es/formacion/cursos/>)¹⁹.

Por otra parte, en el HCSC de Madrid se realizan desde 2009 cursos de formación en cirugía laparoscópica y robótica dirigidos fundamentalmente a residentes, pero abiertos también a especialistas. Son cursos intensivos de una semana de duración que incluyen entrenamiento intensivo en cirugía laparoscópica en modelo animal, entrenamiento en simuladores físicos y un seminario de formación en cirugía robótica con realización de ejercicios desde la consola del robot²⁰, impartido por cirujanos y enfermeros expertos en este abordaje (Figuras 1, 2 y 3).

ACREDITACIÓN

Como se afirma en su página web, Intuitive Surgical no proporciona acreditación para el uso del robot Da Vinci®. Son los hospitales los responsables de la concesión de tales privilegios. Esta fue también la posición del Documento de Consenso en Cirugía Robótica publicado en 2008 por la Sociedad Americana de Cirujanos Gastrointestinales y Endoscópicos (SAGES) y la Asociación de Cirugía Robótica Mínimamente Invasiva (MIRA)²¹.



Figura 1. Sistema Da Vinci® Xi en quirófano.



Figura 2. Detalle de la consola para el cirujano en el sistema Da Vinci® Xi.



Figura 3. Detalle del carro quirúrgico del sistema Da Vinci® Xi.

Existen varias asociaciones profesionales generalmente multidisciplinares constituidas en torno a la actividad clínica, docente e investigadora relacionada con el robot Da Vinci®. Así, la Society of Robotic Surgery (SRS) (www.srobotics.org) o la Clinical Robotic Surgery Association (CRSA) (www.clinicalrobotics.com). En España, la Sociedad Española de Cirugía Laparoscópica y Robótica ha incluido en su web (www.seclaendosurgery.com) abundante información desde los primeros pasos de la cirugía robótica digestiva en nuestro país en 2006.

Un documento de consenso recientemente publicado destaca la necesidad de que sean las asociaciones profesionales las que asuman la responsabilidad sobre la formación y la acreditación de las habilidades en cirugía robótica en los diferentes procedimientos ²².

BIBLIOGRAFÍA

1. Ortiz Oshiro E. Entrevista al Prof. PC Giulianotti. Grosseto (Italia), Junio 2008. SECLAEndosurgery N24. ISSN 1698-4412. Disponible en: <http://www.seclaendosurgery.com/secla/seclan24/entrevista.htm>
2. Stylopoulos N, Rattner D. Robotics and ergonomics. *Surg Clin North Am* 2003;83:1321-37.
3. Ortiz Oshiro E, Ramos Carrasco A, Alvarez Fernández-Represa J. Cirugía Robótica (Cap. 16), en: Targarona EM, Felix X, Salvador JL (Eds). Guías Clínicas de la AEC – Cirugía Endoscópica 2ª Ed. Arán Ediciones SL (Madrid) P. 181-188.
4. Ruurda JP, Broeders IA, Simmermacher RP, Borel Rindes IH, Van Vroonhoven TJ. Feasibility of robot-assisted laparoscopic surgery: an evaluation of 35 robot-assisted laparoscopic cholecystectomies. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2002;12:41-45.
5. Weber PA, Merola S, Wasielewski A, Ballantyne G. Telerobotic-assisted laparoscopic right and sigmoid colectomies for benign disease. *Dis Colon Rectum* 2002;16:1389-02.
6. Hashizume M, Shimada M, Tomikawa M et al. Early experiences of endoscopic procedures in general surgery assisted by a computer-enhanced surgical system. *Surg Endosc* 2002;16:1187-91.
7. Talamini M, Campbell K, Stanfield C. Robotic gastrointestinal surgery: early experience and system description. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2002;12:225-32.
8. Horgan S, Berger RA, Elli EF, Espat NJ. Robotic-assisted minimally invasive transhiatal esophagectomy. *Am Surg* 2003;69:624-26.
9. Giulianotti PC, Coratti A, Angelini M et al. Robotics in general surgery: personal experience in a large community hospital. *Arch Surg* 2003;138:777-84.
10. Patel VR. Essential elements to the establishment and design of a successful robotic surgery programme. In *J Med Robot* 2006;2:28-35.
11. Ortiz Oshiro E. Introducción de la cirugía robótica en la red sanitaria pública española. SECLAEndosurgery N17. 2006. ISSN 1698-4412. Disponible en:
12. <http://www.seclaendosurgery.com/secla/seclan17/articulos/reportaje.htm>
13. Ortiz Oshiro E, Ramos Carrasco A, Moreno Sierra J et al. Desa-

- rollo multidisciplinar de la cirugía robótica en un hospital universitario de tercer nivel: organización y resultados. *Cir Esp* 2010;87:95-100.
14. D'Annibale A, Orsini C, Morpurgo E, Sovernigo G, Masiero V, Menin N. La chirurgia robotica dell'apparato gastrointestinale. *SECLAEndosurgery* N14. 2006. ISSN 1698-4412. Disponible en: <http://www.seclaendosurgery.com/secla/seclan14/articulos/biling.htm>
 15. Patrìti A, Marano L, Casciola L. MILS in a general surgery unit: learning curve, indications and limitations. *Updates Surg* 2015;67:207-213.
 16. Napoli N, Kauffmann EF, Perrone VG et al. The learning curve in robotic distal pancreatectomy. *Updates Surg* 2015;67:257-264.
 17. Zhou J, Shi Y, Qian F et al. Cumulative summation analysis of learning curve for robot-assisted gastrectomy in gastric cancer. *J Surg Oncol* 2015;111:760-767.
 18. Park FJ, Kim CW, Cho MS et al. Multidimensional analysis of the learning curve of robotic low anterior resection for rectal cancer: 3-phase learning process comparison. *Surg Endosc* 2014;28:2821-2831.
 19. Buchs NC, Pugin F, Volonté F, Morel P. Learning tools and simulation in robotic surgery: state of the art. *World J Surg* 2013;37:2812-2819.
 20. Ortiz Oshiro E, Zapata Linares C. Centros de formación en cirugía mínimamente invasiva y robótica. *SECLAEndosurgery* N33. 2010. ISSN 1698-4412. Disponible en: http://www.seclaendosurgery.com/secla/index.php?option=com_content&view=article&id=97:centros&catid=10:revista-33
 21. Ortiz Oshiro E. Reportaje del Curso de Formación en Cirugía Laparoscópica y Robótica para Residentes. *SECLAEndosurgery* N48. 2015. ISSN 1698-4412. Disponible en: http://www.seclaendosurgery.com/secla/?option=com_content&view=article&id=590&Itemid=500
 22. Herron DM, Marohn M. SAGES-MIRA Robotic Surgery Consensus Group. A consensus document on robotic surgery. *Surg Endosc* 2008;22:313-25.
 23. Szold A, Bergamaschi R, Broeders I, et al. European Association of Endoscopic Surgeons (EAES) consensus statement on the use of robotics in general surgery. *Surg Endosc* 2015;29:253-88.

Disposición, principios y solución de problemas en cirugía robótica

P BRETCHA BOIX, J FARRÉ ALEGRE

Servicio de Cirugía General y Aparato Digestivo. Plataforma de Oncología. Hospital Quirón Salud Torrevieja. Alicante

RESUMEN

La cirugía robótica representa un salto cualitativo en la cirugía mínimamente invasiva. El equipo quirúrgico requiere una formación específica para la adecuada puesta en marcha de un programa de cirugía robótica. Debe ser conocedor del funcionamiento de los distintos elementos y saber actuar ante las dificultades o emergencias que puedan presentarse, obteniendo un impacto en la eficiencia del procedimiento.

Palabras clave: cirugía asistida por robot, robótica, robot quirúrgico Da Vinci, mal funcionamiento.

INTRODUCCIÓN

Hemos de considerar la tecnología robótica como la innovación más reciente en cirugía, desarrollada para cubrir el salto entre la creciente demanda de abordajes mínimamente invasivos en cirugía y las limitaciones del abordaje laparoscópico tradicional.

Actualmente, la única plataforma de cirugía asistida por robot (CAR) comercializada es la comúnmente conocida como sistema quirúrgico Da Vinci® (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA).

Por primera vez, el cirujano interactúa con los tejidos del paciente de una forma digital, es decir, a través de una interfaz que le permite estar físicamente alejado del campo quirúrgico, mejorando distintos aspectos de la cirugía y disponiendo de un importante número de recursos tecnológicos (fluorescencia, microscopía, navegación virtual, miniaturización, simulación, conexión online, etc.).

El manejo de todos estos recursos tecnológicos requiere una alta especialización y entrenamiento. El objetivo de este capítulo es revisar los principios básicos de la disposición y solución de problemas frecuentes durante el manejo de la CAR.

EL EQUIPO

El sistema quirúrgico Da Vinci® está constituido por tres componentes principales:

- El carro quirúrgico, también conocido como el carro del paciente, ya que es el componente que establece contacto físico con la mesa operatoria. Dispone de 3 o 4 brazos según el modelo: uno de ellos dedicado a la cámara y el resto para la instrumentación. Una vez ensamblado al paciente, estos brazos mecánicos permiten manipular una gran variedad de instrumentos quirúrgicos (Figura 1).
- La torre de visión contiene los procesadores de vídeo, la fuente de luz, el insuflador de CO₂, el monitor para la visualización por parte de los ayudantes, etc. Existen varias diferencias clave



Figura 1. Carro quirúrgico ensamblado al paciente y cirujano asistente.

cuando comparamos este componente con una torre de laparoscopia convencional:

- La óptica contiene dos cámaras internas de alta definición en una única estructura tubular, lo que permite la visualización en 3 dimensiones (3D).
- Tiene la opción de disponer de pantalla táctil, lo que permite al ayudante quirúrgico dibujar o marcar sobre la misma. Esto facilita la comunicación entre el cirujano asistente y el principal que se encuentra en la consola.
- Sistema de intercomunicación para facilitar la comunicación verbal.

Consola quirúrgica dotada de un visor binocular o estereoscópico, que proporciona una alta definición con imágenes en 3D, así como de los controladores maestros que permiten manipular la cámara y utilizar los instrumentos necesarios para llevar a cabo los distintos pasos del procedimiento quirúrgico. A su vez, dispone de unos pedales que permiten el enfoque de la cámara, el cambio de los brazos manejados en cada momento y la utilización de coagulación mono o bipolar (Figura 2).



Figura 2. Consola quirúrgica.

SELECCIÓN DE LOS CASOS

Como cualquier nueva tecnología del área quirúrgica, la cirugía robótica requiere una curva de aprendizaje por parte del equipo quirúrgico y, por tanto, también se traducirá en unos tiempos más prolongados. Es recomendable en esta primera fase que el cirujano seleccione muy meticulosamente aquellas patologías y pacientes con menos riesgo de complicaciones¹⁻⁴.

Una vez hemos comprobado que el procedimiento robótico es beneficioso, seguro y adecuado, el siguiente paso será definir una estrategia quirúrgica a partir de un óptimo posicionamiento, tanto del paciente como del equipo.

DISPOSICIÓN QUIRÚRGICA

Debido al tamaño del sistema Da Vinci®, muchas instituciones hospitalarias han optado por dotar y actualizar los equipamientos de determinados quirófanos para dedicarlos a la cirugía robótica. Un quirófano amplio y ordenado facilitará la colocación de los distintos elementos del robot. Hay que tener en cuenta que una vez que el paciente ha entrado en la sala quirúrgica con el personal de anestesia y quirúrgico correspondiente, puede ser complejo reposicionar la plataforma robótica. Por tanto, la forma más simple de mejorar la eficiencia y disminuir tiempos de quirófano es tener el carro quirúrgico situado para permitir un acoplamiento directo al paciente con la mínima manipulación, anticipando la posición del paciente en la mesa quirúrgica y la localización del área anatómica a tratar para que se minimicen los movimientos del carro quirúrgico durante el proceso de acoplamiento.

Durante los preparativos del procedimiento quirúrgico el cirujano debe asegurar que los tres componentes de la plataforma robótica funcionan correctamente.

ACCESO Y COLOCACIÓN DE LOS TROCARES

Una vez que el paciente se encuentra anestesiado y posicionado, se realiza el acceso al territorio anatómico elegido de la forma habitual según las reglas de la cirugía mínimamente invasiva. De hecho, algunos cirujanos prefieren realizar esta fase con un equipo de laparoscopia convencional. Esto es recomendable en la fase inicial de la curva de aprendizaje y, por otro lado, nos sirve para realizar una inspección de la factibilidad del procedimiento planeado, pudiendo ser una forma de abortar el uso del robot.

Independientemente de la vía de acceso elegida (aguja de Veress o técnica abierta) debe inspeccionarse cuidadosamente el contenido intra-abdominal buscan-

do posibles signos de daño debido a la maniobra de entrada. A partir de ese momento, colocamos el resto de trocares bajo visión directa. Suele realizarse con la misma óptica del robot, pero hay que tener en cuenta que esta precisa de un trocar de mayor diámetro. Aquellos centros que disponen de cámaras laparoscópicas de 5 mm pueden plantearse la inspección y colocación de los trocares con menor invasión inicial y posteriormente cambiar el de la óptica. El calibre del mismo dependerá de la versión del equipo (8mm en el modelo Xi y 12mm en los previos), disponiendo de ópticas de 0° y 30°. En el caso de usar la óptica angulada, fácilmente se podrá repositionar el cabezal de la cámara para modificar los 30° arriba o abajo, según la preferencia del cirujano.

La localización, número y tamaño de los trocares dependerá del procedimiento quirúrgico y de la anatomía del paciente. Al igual que en la cirugía laparoscópica, en la mayoría de los casos debe buscarse la triangulación del campo quirúrgico respecto de la cámara y los brazos de trabajo (Figura 3). De forma específica, en la cirugía robótica la visualización se maximiza cuando la columna central del carro robótico y la cámara están alineadas con el tejido a tratar. En la mayoría de los casos los brazos de trabajo se posicionarán a cada lado de la cámara, teniendo en cuenta que debe mantenerse una adecuada distancia entre los mismos. En general, se recomienda un mínimo de 8 cm entre las cánulas, y una distancia de 10-20 cm con el órgano a tratar. El uso del cuarto brazo robótico y la colocación de trocares adicionales para el asistente queda a decisión del equipo quirúrgico. Es de máxima importancia mantener la adecuada distancia entre los trocares de trabajo, ya que puede condicionar el funcionamiento

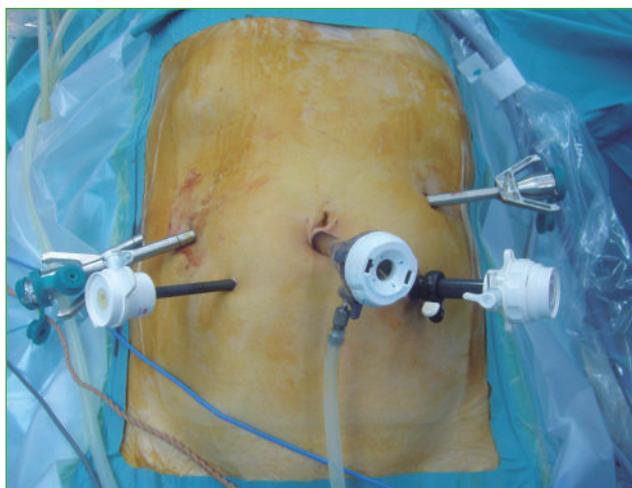


Figura 3. Configuración de los trocares para la realización de una duodenopancreatectomía cefálica.

de los brazos robóticos al colisionar entre sí y llevar al mal funcionamiento del equipo. Por otro lado puede imposibilitar la asistencia del cirujano de campo si los trocares están en un lugar inaccesible o detrás de los brazos mecánicos.

Todos los trocares para uso robótico tienen marcas que definen la posición óptima de inserción consiguiendo el mejor eje de rotación para minimizar el trauma tisular, a la vez que maximiza el movimiento del brazo quirúrgico.

ACOPLAMIENTO DEL ROBOT (DOCKING)

Una vez colocados los trocares debe optimizarse la posición de la mesa quirúrgica según el procedimiento planeado. El carro robótico es dirigido por un asistente que a su vez es guiado por el cirujano hasta la posición deseada. El carro quirúrgico es pesado e incomodo de manejar, por lo que a partir del segundo modelo de robot, fue incorporado un motor que facilita el avance y el freno del mismo, mediante unos mangos rotatorios accionados con la mano. Tanto el ayudante como el cirujano deben estar familiarizados con el sistema de avance/frenada para obtener un movimiento seguro y eficiente. Una vez que el carro quirúrgico y el paciente han sido posicionados, cada uno de los brazos mecánicos se acopla a su cánula designada hasta completar el *docking*.

Con el fin de maximizar la visión quirúrgica y los movimientos intraoperatorios de los brazos quirúrgicos, el carro robótico debe posicionarse por detrás del campo anatómico elegido. Es decir, los brazos mecánicos se extenderán por encima del cuerpo del paciente, de manera que las puntas de los instrumentos y de la cámara apuntarán directamente al campo quirúrgico y al carro robótico que se encontrará justo detrás⁵; esto no es necesario con el modelo Xi en el que los brazos se extienden desde una columna central encima del paciente, independientemente de la situación del carro.

Siguiendo unos simples principios, se facilitará un acoplamiento eficiente del carro robótico:

Primero, posicionar al paciente con el fin de maximizar la adquisición del campo quirúrgico objetivo de la intervención. Por ejemplo, para la realización de una colecistectomía la mesa quirúrgica debe colocarse en posición de Trendelenburg inverso de 45° con una leve rotación hacia la izquierda del paciente⁶. La relocalización del paciente obliga al desacoplado del robot, por lo que debe evitarse en lo posible.

Preparar el carro robótico en un lugar que permita minimizar la fase de conducción del mismo. Es más fácil conducir el robot en línea recta hacia el paciente desde detrás del campo quirúrgico elegido.

Siguiendo el ejemplo de la colecistectomía, el carro quirúrgico se prepara en una zona ya alineada con el hombro derecho del paciente de manera que se facilite el desplazamiento del carro.

El trocar de la cámara es el primero que se acopla. Existen unas marcas en la articulación del brazo de la cámara que señalan el punto óptimo de posición, asegurando los ángulos de visión. Unos botones de embrague colocados en varios puntos de los brazos mecánicos permiten la manipulación de los mismos.

Posteriormente, se acoplan los brazos de trabajo del robot a los trocates, inspeccionando el posicionamiento de las cánulas para minimizar daños inadvertidos. Se debe ajustar la posición de los brazos y codos para evitar interferencias mecánicas entre ellos, anticipando su movimiento durante el procedimiento y asegurando que hay suficiente amplitud.

En el caso de colocar un trocar para el cirujano asistente, se debe tener en cuenta el espacio de movimiento de los brazos del robot.

Seleccionar e instalar los distintos instrumentos en sus respectivos brazos de trabajo. Previo a su inserción debe revisarse el instrumental, especialmente el mecanismo rotacional de muñeca en la punta de los mismos. Asegurar el paso de los instrumentos a través de las cánulas para minimizar posibles daños tisulares. Cada instrumento debe colocarse primero por la punta en un trocar previamente acoplado y fijarlo a los rotores mecánicos que vienen adheridos a las cubiertas plásticas estériles de los brazos. Una vez instalado, el robot comprobará que su uso no está expirado y, tras unos segundos, la plataforma robótica mostrará una señal de preparado en la pantalla (y en los últimos modelos con una señal luminosa intermitente en el brazo). A partir de ese momento, el cirujano puede avanzar el instrumento hacia el campo quirúrgico bajo visión directa.

Completados todos los pasos, el cirujano puede trasladarse a la consola quirúrgica e iniciar la intervención. En la fase inicial de aprendizaje el cirujano puede tener una sensación incómoda por el distanciamiento físico con el paciente y, por tanto, ciertos temores ante la hipotética necesidad de precisar un acceso inmediato por una emergencia. Esta sensación es una de las principales diferencias entre la laparoscopia convencional y la robótica^{7,8}.

DIFERENCIAS ENTRE LA CIRUGÍA ROBÓTICA Y LA LAPAROSCÓPICA

Existen algunas diferencias claves entre la cirugía robótica y cualquier otro abordaje. Como ya se ha mencionado previamente, las principales fases del proce-

dimiento quirúrgico se realizan en la distancia (en la práctica, la consola del cirujano se encuentra a unos 3-4 metros de la mesa quirúrgica) y, por lo tanto, el cirujano y el resto del equipo deben estar preparados para una eventual emergencia. Cada miembro del equipo debe tener clara su función en la maniobra de desacoplamiento, movilización de los carros robóticos y preparación del material y equipos necesarios para la conversión.

Durante un procedimiento laparoscópico se puede cambiar la posición del paciente para conseguir una mejor visualización del campo quirúrgico. Por el contrario, en la cirugía robótica una vez el carro está acoplado los cambios posturales obligan a desacoplar el robot, lo cual consume tiempo y puede ser frustrante.

La falta de sensibilidad táctil se sustituye mediante el *feedback* visual. La magnificación de la visión permitirá el control de las distintas maniobras quirúrgicas, pero es de vital importancia que en todo momento se obtenga una excelente exposición con los instrumentos siempre a la vista.

El cirujano de campo ha de estar entrenado en la extracción e inserción de los instrumentos para evitar daños tisulares inadvertidos, siendo conveniente minimizar los cambios de instrumental durante el procedimiento para aumentar la eficiencia de la cirugía. Será, asimismo, el cirujano de campo quien realice maniobras como disparos de endograpadoras o aplicación de clips.

LA CONSOLA QUIRÚRGICA

Es la principal interfaz que permite al cirujano visualizar el campo quirúrgico y controlar cada brazo e instrumento de la CAR. Consta de tres componentes principales: pantallas binoculares, controles maestros y diversos pedales y botones para lograr la activación de los instrumentos, los movimientos de la cámara y el cambio de control de un brazo a otro.

Una de las principales ventajas de la plataforma para el cirujano es el control total del enfoque y la posición de la cámara usando los pedales y los controles maestros.

Colocando el dedo pulgar e índice de cada mano en los controladores, el cirujano puede abrir, cerrar, rotar y doblar la punta de los instrumentos en el campo otorgando siete grados de libertad y con una gran precisión (Figura 4) gracias al descalado del movimiento (con una relación de 3 a 1 en modo preciso o 5 a 1 en modo ultrapreciso) que además elimina el temblor esencial del cirujano. Permite además dejar un instrumento en posición estable por tiempo indefinido como retractor⁵.



Figura 4. Detalle de las manos del cirujano y controladores maestros.

Durante la intervención el cirujano deberá ir efectuando frecuentes y ligeros ajustes, tanto de la cámara y de los instrumentos como de los controladores maestros. De hecho, la frecuencia y fluidez de dichos ajustes definen a un cirujano experto o noble en CAR.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Todo aparato mecánico es susceptible de presentar problemas de mal funcionamiento y fallos. El porcentaje de fallos menores publicados en series de casos en cirugía general se sitúa alrededor del 3,5-4,5%⁹⁻¹³, sin apenas repercusión clínica.

Durante el uso de la CAR podemos encontrar errores o fallos recuperables o irrecuperables. El fallo recuperable será aquel que, una vez detectado y reparado, nos permitirá continuar con el procedimiento; el error irrecuperable obliga a finalizar la cirugía robótica y a apagar el sistema para convertirla en cirugía laparoscópica o abierta.

La plataforma robótica constantemente realiza análisis de control interno y seguimiento para la detección de fallos del sistema o mecánicos. Cualquier error será comunicado al equipo quirúrgico a través de alarmas visuales o acústicas para su solución. Si es un problema mecánico de un brazo habrá una señal visual intermitente en el mismo. Los sistemas robóticos más recientes tienen la capacidad de comunicar los errores directamente al fabricante vía internet para poder resolver el problema en tiempo real. Por otro lado, el sistema guarda los errores para su posterior revisión⁵.

A continuación veremos algunas estrategias para evitar o resolver dificultades comunes durante un procedimiento robótico:

- Potencia eléctrica. Todos los componentes de la plataforma robótica se alimentan eléctricamente y

disponen de una batería que mantendría la posibilidad de continuar el procedimiento por un corto espacio de tiempo. Es por ello que la consola debe mantenerse enchufada cuando no está en uso.

- Movimiento del carro quirúrgico. Para evitar cualquier daño al paciente el carro debe moverse únicamente cuando los brazos robóticos se encuentran desacoplados de los trocares.
- Movimiento de los brazos robóticos. Cualquier movimiento inapropiado de los brazos puede provocar un mensaje de error e inmovilizarlo hasta que sea corregido. Deben mantenerse la distancia y ángulos adecuados de los brazos para su correcto movimiento. Los ángulos extremos condicionando torsiones inusuales de los instrumentos también pueden generar un mensaje de error.
- Trocares. Únicamente son válidos los trocares designados por el fabricante. Cualquier otro llevará a la detección de error.
- Instrumentos. Cuando un instrumento se coloca por primera vez es reconocido por el sistema, analiza el número de usos del mismo y el brazo en el que es colocado. Cualquier error detectado en este gesto emitirá una alarma visual y acústica y aparecerá el mensaje en el visor.
- Como ya se ha mencionado, los instrumentos tienen un número de usos limitado (10) y una vez han expirado no funcionarán.
- Al cargar un instrumento, este debe ser perfectamente alineado siguiendo las ranuras de la platina acoplada a los rotores que viene con las cubiertas plásticas estériles de los brazos, y realizar una pequeña presión para su acople definitivo. La interposición de las cubiertas plásticas estériles o un desalineamiento producirá un mensaje de error, siendo lo más simple retirar el instrumento, revisar la colocación de las cubiertas plásticas y volverlo a cargar.
- Una vez que un instrumento ha sido adecuadamente cargado y usado, el sistema reconocerá la posición y orientación de la punta del mismo y facilitará el cambio de instrumento hasta la misma localización. Esta función está diseñada para evitar lesiones inadvertidas durante el paso de instrumentos. Para ello el asistente debe presionar las palancas de liberación del instrumento y retirarlo.
- Cámara. El equipo quirúrgico debe alinear y enfocar la cámara previamente a su uso, pero el cirujano deberá finalizar el enfoque en la consola.
- Visualización. En ocasiones, la mala visualización del campo quirúrgico es debida a una mala

colocación del paciente, debiendo desacoplar el carro y recolocar al paciente.

- Posicionamiento. La CAR puede ser ideal para la realización de procedimientos complejos de un cuadrante anatómico, pero muy engorrosa para cirugías que requieran de múltiples cuadrantes. Para ello debería desacoplarse y volver a colocar los brazos robóticos en cada cambio de cuadrante. Por este motivo, es muy importante la planificación preoperatoria, incluso plantearse el procedimiento de forma híbrida combinando determinados pasos de la disección quirúrgica por vía laparoscópica con la intención de obtener la máxima eficiencia.

CONCLUSIONES

La plataforma de cirugía robótica posibilita la realización de cirugía mínimamente invasiva de alta complejidad, si bien requiere de un entrenamiento y aprendizaje progresivo para adquirir las destrezas necesarias. Para llevar a cabo el procedimiento de forma satisfactoria es fundamental la selección de los casos, la planificación preoperatoria y la adecuada disposición de los equipos. Con el objeto de facilitar el uso eficiente del robot deben conocerse las estrategias de evitación de errores y de solución de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Herron DM, Marohn M. A consensus document on robotic surgery. 2013. Disponible en: <http://www.sages.org/publications/guidelines/consensus-document-robotic-surgery>. Acceso: 1 de Septiembre de 2015.
- Heemskerk J, van Gemert WG, de Vries J, Greve J, Bouvy ND. Learning curves of robot-assisted laparoscopic surgery compared with conventional laparoscopic surgery: an experimental study evaluating skill acquisition of robot-assisted laparoscopic tasks compared with conventional laparoscopic tasks in inexperienced users. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2007;17:171-4.
- Barrie J, Jayne DG, Wright J, Murray CJ, Collinson FJ, Pavitt SH. Attaining surgical competency and its implications in surgical clinical trial design: a systematic review of the learning curve in laparoscopic and robot-assisted laparoscopic colorectal cancer surgery. *Ann Surg Oncol* 2014;21:829-40.
- Hubens G, Coveliers H, Balliu L, Ruppert M, Vaneerdegew W. A performance study comparing manual and robotically assisted laparoscopic surgery using the da Vinci system. *Surg Endosc* 2003;17:1595-9.
- Da Vinci Si Surgical System. User manual. Sunnyvale: Intuitive Surgical;2012.
- Ayloo S, Roh Y, Choudlury N. Robotic cholecystectomy: training of residents in use of the robotic platform. *Int J Med Robot* 2014;10:88-92.
- Corcione F, Esposito C, Cucurullo D, Settembre A, Miranda N, Amato F, et al. Advantages and limits of robot-assisted laparoscopic surgery: preliminary experience. *Surg Endosc* 2005;19:117-9.
- Kornprat P, Werkgartner G, Cerwenka H, Bacher H, El-Shabrawi A, Rehak P, et al. Prospective study comparing standard and robotically assisted laparoscopic cholecystectomy. *Langenbecks Arch Surg* 2006;391:216-21.
- Agcaoglu O, Aliyev S, Taskin HE, Chalikhonda S, Walsh M, Costedio MM, et al. Malfunction and failure of robotic systems during general surgical procedures. *Surg Endosc* 2012;26:3580-3.
- Friedman DC, Lendvay TS, Hannaford B. Instrument Failures for the da Vinci Surgical System: a Food and Drug Administration MAUDE Database Study. *Surg Endosc* 2013;27:1503-8.
- Buchs NC, Pugin F, Volonté F, Morel P. Reliability of robotic system during general surgical procedures in a university hospital. *Am J Surg* 2014;207:84-8.
- Salman M, Bell T, Martin J, Bhuvu K, Grim R, Ahuja V. Use, cost, complications, and mortality of robotic versus nonrobotic general surgery procedures based on a nationwide database. *Am Surg* 2013;79:553-60.
- Andonian S, Okeke Z, Okeke DA, Rastinehad A, Vanderbrink BA, Richstone L, et al. Device failures associated with patient injuries during robot-assisted laparoscopic surgeries: a comprehensive review of FDA MAUDE database. *Can J Urol* 2008;15:3912-16.

Ergonomía en cirugía robótica

A MORANDEIRA RIVAS¹, C MORENO SANZ¹, L MILLÁN CASAS², A SZOLD³

¹Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital General La Mancha Centro, Alcázar de San Juan. Ciudad Real

²Servicio de Medicina Física y Rehabilitación. Hospital General La Mancha Centro, Alcázar de San Juan. Ciudad Real

³Assia Medical Group, Tel Aviv, Israel. Chairman of the Technology Committee, EAES

Correspondencia: antoniomorandeira@hotmail.com

RESUMEN

La introducción de plataformas robóticas en cirugía ofrece ventajas ergonómicas para el cirujano respecto a la cirugía mínimamente invasiva tradicional y a la cirugía abierta. Así, mientras en estas intervenciones el cirujano permanece en bipedestación prolongada y mantiene posturas forzadas en cuello, tronco y extremidades superiores, el trabajo en una consola robótica le permite operar en sedestación y con apoyo de los antebrazos, en una posición ergonómica similar a la utilizada en microcirugía. Sin embargo, este abordaje no está exento de problemas físicos y cognitivos para el cirujano, sobre todo cuando la carga de trabajo es alta y/o las intervenciones realizadas son de larga duración. En este capítulo se resumen los aspectos ergonómicos de los sistemas de cirugía robótica, así como las principales recomendaciones posturales para el cirujano.

Palabras clave: ergonomía, cirugía robótica, trastornos musculoesqueléticos, enfermedad profesional.

INTRODUCCIÓN

La ergonomía es la disciplina científica que estudia las interacciones entre el hombre y la tecnología. Su objetivo principal es la adecuación del puesto de trabajo al ser humano, optimizando la seguridad, el bienestar del trabajador y la eficacia global del sistema. A lo largo de la historia de la cirugía se pueden vislumbrar prácticas ergonómicas tanto en el diseño del instrumental como en el de las salas de operaciones. Sin embargo, el término "ergonomía" no aparece íntimamente asociado al campo de la cirugía hasta bien entrada la segunda mitad del siglo XX, con la aparición de los primeros quirófanos modernos, el desarrollo de

la microcirugía y la irrupción de la cirugía mínimamente invasiva (CMI)¹.

Con la incorporación de la microcirugía y la CMI, la interacción directa entre la mano del cirujano y los tejidos se ve alterada y sustituida por una relación más compleja mano-instrumental-tejido. En el caso de la CMI, la utilización de instrumentos largos introducidos por un orificio parietal fijo, provocan aumento del temblor, pérdida de sensación táctil y de fuerza, disminución de los grados de libertad en el extremo distal del instrumental y un efecto paradójico por el cual un movimiento en el exterior del paciente produce el contrario en el interior (*fulcrum effect*). Además, la visualización del campo quirúrgico a través de una pantalla con una imagen aumentada pero en dos dimensiones, se acompaña de pérdida de profundidad y dificultad para la coordinación mano-ojo²⁻⁵.

A pesar de los beneficios que supone para el paciente la incorporación de técnicas cada vez menos invasivas, los problemas descritos anteriormente hacen que la CMI dé lugar a una mayor demanda física y mental. En este tipo de intervenciones, el cirujano adopta una postura estática con el cuello y la cabeza fijos en dirección hacia el monitor. Además, existe una mayor tensión en la espalda y una mayor abducción de los hombros, así como una excesiva flexión y desviación cubital de las muñecas. Dicha postura supone una mayor carga física, dando lugar a molestias y síntomas musculoesqueléticos hasta en el 80% de los cirujanos que utilizan este abordaje. Desde el punto de vista cognitivo, los problemas con el instrumental y las dificultades de percepción y visualización hacen que este tipo de intervenciones se acompañen también de un mayor estrés mental para el cirujano^{3,4}.

La introducción de la cirugía robótica (CR) ofrece una serie de ventajas potenciales respecto al abordaje mínimamente invasivo tradicional. El cirujano cambia la bipedestación por la sedestación controlando la cirugía desde una consola con un visor estereoscópico de alta resolución que ofrece una imagen estable, aumentada y en tres dimensiones, recuperándose además el eje ojo-mano-tejido perdido en el abordaje videoasistido convencional. Los instrumentos permiten hasta siete grados de libertad reproduciendo los movimientos de la muñeca humana. Además, el escalado y filtrado de los movimientos que realiza el sistema robótico elimina el temblor y mejora la precisión, la agilidad y la destreza^{6,7}. Mención aparte merecen las plataformas robóticas para técnicas emergentes, como la cirugía a través de incisión única o la cirugía a través de orificios naturales, que presentan importantes problemas ergonómicos para el cirujano. Gracias a la incorporación de instrumental específico y a la posibilidad de conmutar los movimientos entre ambas manos, restaurando la orientación alterada por el cruce del instrumental, estos sistemas pueden colaborar en el desarrollo de nuevas técnicas quirúrgicas⁶⁻⁹.

A pesar de las ventajas descritas, la CR no está exenta de problemas ergonómicos para el cirujano. Así, en encuestas de síntomas musculoesqueléticos, entre 23% y 45% de los cirujanos refirieron síntomas durante o tras la CR¹⁰⁻¹². En estos estudios, las zonas anatómicas más frecuentemente afectadas fueron el cuello, los hombros y la región superior de la espalda, seguidos por las muñecas y las manos. Al analizar posibles factores de riesgo, se encontró una correlación positiva entre la presencia de síntomas, la realización de un mayor número de procedimientos y/o la mayor duración de los mismos^{13,14}. Sin embargo, el índice de masa corporal del paciente no influyó en la incidencia de síntomas musculoesqueléticos en el cirujano, algo que sí sucede en CMI¹³.

ERGONOMÍA DEL CIRUJANO EN CIRUGÍA ROBÓTICA FRENTE AL ABORDAJE MÍNIMAMENTE INVASIVO TRADICIONAL

Varios autores han comparado la carga física y mental del cirujano entre la CR y la CMI, utilizando diferentes herramientas de evaluación ergonómica. En estudios que evalúan la percepción de molestias por el cirujano, utilizando cuestionarios por áreas anatómicas como el *Body Part Discomfort* (BPD), se ha apreciado una disminución de la carga física en el grupo de CR¹⁵⁻¹⁸, aunque esta disminución no es tan importante en el cuello del cirujano como en el resto de áreas anatómicas evaluadas¹⁸. Además, medidas repetidas a lo largo de la intervención, revelan un aumento de la carga

física en CMI, sobre todo para los hombros y la espalda, manteniéndose estable en CR¹⁵. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en estudios con electromiografía de superficie que comparan la CR con la CMI, en los que se ha observado una menor actividad en los músculos de la extremidad superior (deltoides, bíceps y tríceps) y la espalda (erectores del tronco). Nuevamente, estas ventajas no son tan aparentes para los músculos cervicodorsales, como el trapecio, que mantienen una elevada actividad en el abordaje robótico. Estos hallazgos son probablemente debidos a la posición erguida de la espalda y la flexión cervical que adopta el cirujano para mantener la visión en la consola robótica^{15,19,20}. Por otra parte, en CR se han detectado valores de electromiografía significativamente menores en el primer dedo de la mano del cirujano, lo que sugiere una menor activación de la musculatura de la eminencia tenar y explica la desaparición de la fatiga, que con frecuencia aparece en este dedo al verse comprimido contra el manipulador del instrumental utilizado en la CMI convencional²¹.

Otros estudios han evaluado el riesgo ergonómico del cirujano utilizando herramientas observacionales, como *Job Strain Index* (JSI) y *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). En estos trabajos, el riesgo de presentar trastornos musculoesqueléticos en extremidades superiores, por posturas forzadas y/o movimientos repetitivos, fue también menor en la CR comparado con la CMI^{18,22}, aunque con puntuaciones altas en ambos abordajes, lo que sugiere la necesidad de continuar investigando en este campo y suministrando formación en pautas ergonómicas a los profesionales²³.

Se han empleado diferentes parámetros para medir el estrés fisiológico, siendo la variabilidad del ritmo cardiaco el más utilizado. En todos los casos, la carga física y mental de cirujano fueron menores en la CR que en la CMI^{15,16,24}. Si bien estas alteraciones fisiológicas traducen un mayor esfuerzo o carga física, su relación con el estrés mental es controvertida. Por este motivo, algunos autores han empleado escalas²² o herramientas multidimensionales, como el cuestionario *Subjective Mental Effort Questionnaire* (SEMQ)¹⁶ o el método NASA-TLX (*Task Load Index*)^{15,17,20}, para comparar los aspectos cognitivos entre la CR y la CMI. Aunque globalmente no se demostraron diferencias significativas en la carga mental entre ambos abordajes, cuando se realizó un análisis estratificado según la experiencia del cirujano, la carga mental durante la CR fue menor en los sujetos sin experiencia en ningún tipo de cirugía y en aquellos con experiencia en CR; por contra, los cirujanos sin experiencia en CR pero con amplia experiencia en CMI presentaron una carga mental similar con ambos abordajes^{20,25}.

RECOMENDACIONES ERGONÓMICAS EN CIRUGÍA ROBÓTICA

A pesar de reconocer su importancia, es frecuente el desconocimiento y la falta de entrenamiento en prácticas ergonómicas entre los cirujanos. Esto ha motivado que diferentes autores destaquen la necesidad de desarrollar estrategias formativas que permitan modificar los riesgos ergonómicos asociados a la práctica de CMI, incluyendo la CR^{3,12,23,26}.

Existe poca información específica sobre recomendaciones ergonómicas en cirugía robótica. La mayor parte de esta información deriva de las recomendaciones de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional del departamento de trabajo de los Estados Unidos (OSHA) para puestos de trabajo con ordenadores y de las guías ergonómicas para el trabajo con microscopios^{12,27,28}. Estas recomendaciones persiguen que el cirujano adopte una posición corporal neutra, donde los músculos trabajen de forma correcta y las articulaciones estén bien alineadas. Este tipo de pos-

turas minimizan la tensión de músculos, tendones, nervios y huesos, permitiendo realizar las tareas con menor esfuerzo, mayor control y obteniendo mejor rendimiento.

Para conseguir esta posición neutra en CR es necesario ajustar, para cada cirujano, tanto la silla como la consola del robot. Mientras que los primeros sistemas robóticos comercializados únicamente permitían ajustar la altura del visor, el desarrollo tecnológico ha permitido que en los nuevos sistemas la consola permita un mayor número de ajustes, incluyendo la altura e inclinación del visor, la altura del reposabrazos y la profundidad del panel de conmutadores de pedal (Figura 1). La silla también juega un papel importante en la postura del cirujano, siendo recomendable que tenga ruedas con freno para facilitar la movilidad, soporte lumbar regulable, así como altura y profundidad del asiento ajustables. Los ajustes de la silla y la consola deben permitir al cirujano adoptar una posición neutra^{12,27,28} (Figura 2) (Tabla 1).



Figura 1. Ajustes ergonómicos múltiples. Panel de control izquierdo, mangos ergonómicos.

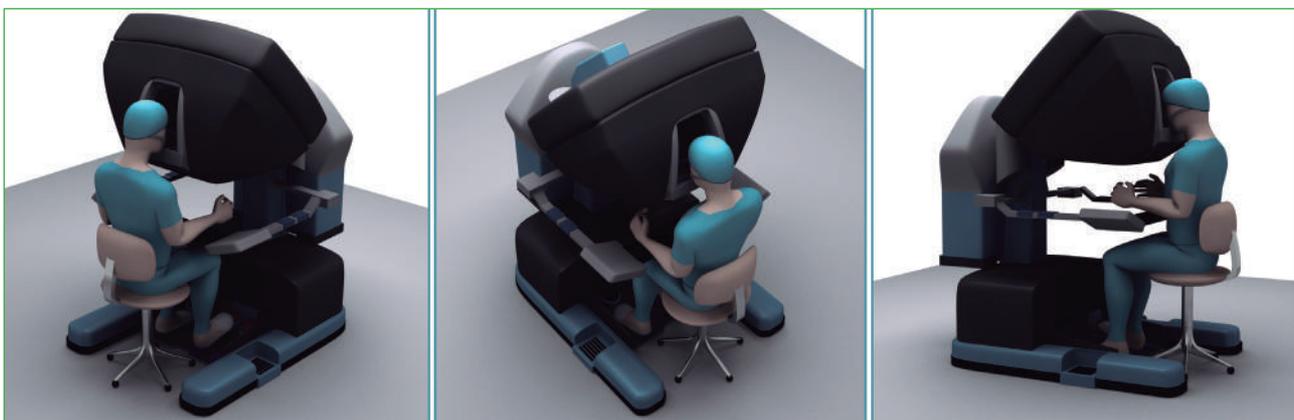


Figura 2. Posición ergonómica del cirujano en la consola del robot.

Tabla 1. Recomendaciones posturales para el cirujano durante la CR

Área anatómica	Recomendaciones posturales
Cabeza	Evitar realizar excesiva presión al apoyar la frente en el reposacabezas del visor.
Cuello/espalda	Leve inclinación anterior de la cabeza, sin flexionar ni extender el raquis.
	La flexión cervical no debe exceder los 15-20°.
Extremidades superiores	La zona lumbar debe permanecer en posición de reposo en contacto con el soporte lumbar de la silla.
	Posición relajada de brazos y hombros.
	Brazos próximos al torso. Evitar abducción, embragando para recolocar los manipuladores con frecuencia y así mantener los brazos en posición correcta.
	Codos en flexión entre 90-120°.
	Alineación de antebrazos, muñecas y manos, que deben permanecer rectos y paralelos al suelo.
Antebrazos apoyados en el reposabrazos.	

Estas recomendaciones son difíciles de mantener, por lo que es conveniente reevaluar la postura neutra durante la cirugía. Además, tanto la sedestación como la flexión cervical mantenidas durante largos periodos de tiempo también son factores de riesgo ergonómico. Por este motivo, no solo es importante reevaluar la posición, sino también hacer pequeños periodos de descanso y estiramientos, haciéndolos coincidir, por ejemplo, con los cambios de instrumental^{11,12}.

Por último, cabe mencionar la ergonomía del ayudante y la enfermera instrumentista, cuya actividad se ve entorpecida por los brazos del robot y sobre la que prácticamente no se dispone de información. En este sentido, es previsible que el desarrollo de nuevas plataformas, con brazos más pequeños, delgados y suspendidos, disminuya las dificultades ergonómicas de los ayudantes⁶.

CONCLUSIONES

La CR es menos lesiva para el cirujano, desde el punto de vista ergonómico, respecto a la CMI tradicional. A pesar de ello, la carga física en el cuello, la espalda y las extremidades superiores del cirujano con este abordaje es considerable. Por este motivo, son de gran importancia el conocimiento y aplicación de las recomendaciones ergonómicas para el manejo de la consola robótica, con la finalidad de prevenir lesiones en el cirujano y mejorar su rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Patkin M, Isabel L. Ergonomics, engineering and surgery of endosurgical dissection. *J R Coll Surg Edinb* 1995;40:120-32.
2. Stylopoulos N, Rattner D. Robotics and ergonomics. *Surg Clin North Am* 2003;83:1321-37.
3. Park A, Lee G, Seagull FJ, Meenaghan N, Dexter D. Patients benefit while surgeons suffer: an impending epidemic. *J Am Coll Surg* 2010;210:306-13.
4. Berguer R, Forkey DL, Smith WD. Ergonomic problems associated with laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 1999;13:466-8.
5. Van Det MJ, Meijerink WJ, Hoff C, Totte ER, Pierie JP. Optimal ergonomics for laparoscopic surgery in minimally invasive surgery suites: a review and guidelines. *Surg Endosc* 2009;23:1279-85.
6. Szold A, Bergamaschi R, Broeders I, Dankelman J, Forgione A, Langø T, et al. Association of Endoscopic Surgeons (EAES) consensus statement on the use of robotics in general surgery. *Surg Endosc* 2015;29:253-88.
7. Byrn JC, Schluender S, Divino CM, Conrad J, Gurland B, Shlasko E, et al. Three-dimensional imaging improves surgical performance for both novice and experienced operators using the da Vinci Robot System. *Am J Surg* 2007;193:519-22.
8. Vitiello V, Lee SL, Cundy TP, Yang GZ. Emerging robotic platforms for minimally invasive surgery. *IEEE Rev Biomed Eng* 2013;6:111-26.
9. Morandeira-Rivas A, Millán-Casas L, Moreno-Sanz C, Herro-Bogajo ML, Tenías-Burillo JM, Giménez-Salillas L. Ergonomics in laparoendoscopic single-site surgery: survey results. *J Gastrointest Surg* 2012;16:2151-9.
10. Bagrodia A, Raman JD. Ergonomic considerations of radical prostatectomy: physician perspective of open, laparoscopic and robot-assisted techniques. *J Endourol* 2009;23:627-33.
11. Giberti C, Gallo F, Francini L, Signori A, Testa M. Musculoskeletal disorders among robotic surgeons: a questionnaire analysis. *Arch Ital Urol Androl* 2014;86:95-8.
12. Franasia J, Craven R, Mosaly P, Gehrig PA. Feasibility and acceptance of a robotic surgery ergonomic training program. *JLS* 2014;18:e2014.00166.
13. Franasia J, Ko EM, Kidd J, Secord AA, Bell M, Boggess JF, et al. Physical strain and urgent need for ergonomic training among gynecologic oncologists who perform minimally invasive surgery. *Gynecol Oncol* 2012;126:437-42.
14. Gofrit ON, Mikahail AA, Zorn KC, Zagaja GP, Steinberg GD, Shalhav AL. Surgeons' perceptions and injuries during and after urologic laparoscopic surgery. *Urology* 2008;71:404-7.
15. Hubert N, Gilles M, Desbrosses K, Meyer JP, Felblinger J, Hubert J. Ergonomic assessment of the surgeon's physical workload during standard and robotic assisted laparoscopic procedures. *Int J Med Robot* 2013;9:142-7.
16. Van der Schatte Olivier RH, Van't Hullenaar CD, Ruurda JP, Broeders IA. Ergonomics, user comfort, and performance in standard and robot-assisted laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 2009;23:1365-71.
17. Tarr ME, Brancato SJ, Cunkelman JA, Polcari A, Nutter B, Kenton K. Comparison of postural ergonomics between laparoscopic and robotic sacrocolpopexy: a pilot study. *J Minim Invasive Gynecol* 2015;22:234-8.
18. Lawson EH, Curet MJ, Sanchez BR, Schuster R, Berguer R. Postural ergonomics during robotic and laparoscopic gastric bypass surgery: a pilot project. *J Robot Surg* 2007;1:61-67.
19. Zihni AM, Ohu I, Cavallo JA, Cho S, Awad MM. Ergonomic analysis of robot-assisted and traditional laparoscopic procedures. *Surg Endosc* 2014;28:3379-84.

20. Lee GI, Lee MR, Clanton T, Sutton E, Park AE, Marohn MR. Comparative assessment of physical and cognitive ergonomics associated with robotic and traditional laparoscopic surgeries. *Surg Endosc* 2014;28:456-65.
21. Berguer R, Smith W. An ergonomic comparison of robotic and laparoscopic technique: the influence of surgeon experience and task complexity. *J Surg Res* 2006;134:87-92.
22. Lee EC, Rafiq A, Merrell R, Ackerman R, Dennerlein JT. Ergonomics and human factors in endoscopic surgery: a comparison of manual vs telerobotic simulation systems. *Surg Endosc* 2005;19:1064-70.
23. Craven R, Franasiak J, Mosaly P, Gehrig PA. Ergonomic deficits in robotic gynecologic oncology surgery: a need for intervention. *J Minim Invasive Gynecol* 2013;20:648-55.
24. Heemskerck J, Zandbergen HR, Keet SW, Martijnse I, van Montfort G, Peters RJ, et al. Relax, it's just laparoscopy! A prospective randomized trial on heart rate variability of the surgeon in robot-assisted versus conventional laparoscopic cholecystectomy. *Dig Surg* 2014;31:225-32.
25. Klein MI, Warm JS, Riley MA, Matthews G, Doarn C, Donovan JF, et al. Mental workload and stress perceived by novice operators in the laparoscopic and robotic minimally invasive surgical interfaces. *J Endourol* 2012;26:1089-94.
26. Pérez-Duarte FJ, Sánchez-Margallo FM, Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Sánchez-Hurtado MA, Lucas-Hernández M, Usón-Gargallo J. Ergonomics in laparoscopic surgery and its importance in surgical training. *Cir Esp* 2012;90:284-91.
27. Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor. www.osha.gov/SLTC/etools/computerworkstations/positions.html.
28. Lux MM, Marshall M, Erturk E, Joseph JV. Ergonomic evaluation and guidelines for use of the daVinci Robot system. *J Endourol* 2010;24:371-5.

Coste y eficiencia de la cirugía robótica

C VAZ, A BUENO DELGADO, F COSTA

Hospital da Luz, Lisboa. Portugal

RESUMEN

El crecimiento de la cirugía abdominal asistida por robot en la última década ha sido exponencial. Prácticamente se ha triplicado desde 2007, de 80.000 a 205.000 procedimientos^{1,2}. Sin embargo, para que su popularidad pueda seguir extendiéndose, deben bajar los costes y se deben publicar resultados a largo plazo³⁻⁶. La evidencia científica disponible hasta la fecha en relación al coste y la eficiencia de la cirugía robótica *versus* la laparoscopia convencional es limitada⁶. En nuestra experiencia, la cirugía robótica es coste-eficiente para el tratamiento de patologías que impliquen cirugías complejas y en centros con alto volumen de pacientes^{1,7,8}. En estas condiciones, la relación coste-eficiencia es rentable.

Palabras clave: cirugía robótica, coste-eficiencia, cáncer de recto, obesidad, ensayo clínico.

CONCEPTO DE EFICIENCIA EN MEDICINA

La eficiencia tiene en cuenta el gasto en relación a la productividad. Persigue maximizar el rendimiento de una inversión.

En medicina la eficiencia es entendida como la producción de servicios médicos de calidad al menor coste económico posible. Se puede decir que la eficiencia estudia como rentabilizar las inversiones⁹.

Conviene diferenciar la eficacia y la efectividad de la eficiencia. La eficacia estudia los resultados en condiciones óptimas, la efectividad en condiciones habituales y la eficiencia es la única que tiene en cuenta los costes de las inversiones.

CÓMO CUANTIFICAR LA EFICIENCIA EN CIRUGÍA

Una forma de cuantificar la eficiencia es medir la productividad respecto el gasto. Hablar de productividad

en cirugía es complicado, dado los muchos aspectos a tener en cuenta. Simplificando, se puede decir que el análisis de la productividad en cirugía podría incluir la curva de aprendizaje, el tiempo quirúrgico, la estancia hospitalaria, las complicaciones y los resultados globales y oncológicos a corto y largo plazo⁹.

A la hora de analizar el gasto tampoco es fácil analizar todos los costes implicados a lo largo del proceso quirúrgico operatorio y postoperatorio. Es por ello que muchos estudios consideran tan solo los gastos de la intervención sin fijarse en el coste de las complicaciones a medio y largo plazo, el tiempo en reincorporarse a la actividad laboral, etc.^{4,5,7,8,10}. Son gastos indirectos que afectan a la sociedad en su conjunto.

Para poder hacer una valoración de coste-eficiencia en profundidad sería necesario estudiar todos los aspectos relacionados con el postoperatorio a corto y largo plazo, así como las implicaciones económicas sociales y laborales. Teniendo en cuenta todos estos factores, directos e indirectos, son necesarios nuevos modelos de análisis de coste-eficiencia para poder demostrar el gran interés que puede tener la cirugía robótica para la sociedad.

CIRUGÍA ROBÓTICA: COSTE-EFICIENCIA SEGÚN LA LITERATURA

Aunque la evidencia disponible es limitada, cada vez surgen más grupos que publican sus resultados empleando esta nueva tecnología. En la década de los 90, la cirugía laparoscópica se impuso a la cirugía abierta. Costaron años de experiencia y estudios para confirmar sus beneficios para los pacientes. A lo largo de los últimos años la tecnología robótica se está extendiendo como una buena alternativa mínimamente invasiva para el tratamiento quirúrgico de cada vez más patologías abdominales, con resultados comparables a

los obtenidos con las técnicas laparoscópicas convencionales. Sin embargo, en términos de coste-eficiencia, no está tan claro^{1,11,12}. Uno de los motivos descritos, aunque no disponemos de evidencia al respecto, es la percepción subjetiva que tienen los cirujanos laparoscopistas de empeorar los resultados clínicos durante la curva de aprendizaje de la cirugía robótica¹³.

Por el contrario, también existen ventajas de la cirugía robótica que podrían ser factores determinantes en la relación coste-eficiencia, pudiendo destacar:

- La curva de aprendizaje tiende a ser más corta con tecnología robótica que con la laparoscopia convencional^{9,13,14}. Al no disponer de estudios que lo cuantifiquen económicamente, no podemos saber realmente hasta qué punto la cirugía robótica podría llegar a ser más coste-eficiente que la cirugía laparoscópica.
- Los tiempos operatorios en cirugía robótica son más largos durante la curva de aprendizaje, pero disminuyen significativamente con el tiempo. A medida que el equipo quirúrgico adquiere experiencia (cirujanos, anestesiólogos, enfermeras, etc.) los tiempos operatorios tienden a ser similares a la cirugía laparoscópica convencional^{11,15} o incluso más breves^{4,6}.
- La ergonomía del cirujano y la calidad de la imagen juegan un papel importante en el resultado final de las intervenciones. La fatiga visual y postural es mucho más temprana durante la cirugía laparoscópica respecto de la cirugía robótica. La cirugía laparoscópica y la abierta son con frecuencia físicamente extenuantes. Esto se traduce en riesgos y costes para el cirujano y, por tanto, puede también repercutir negativamente en los pacientes^{13,16,17}.
- Algunos estudios muestran mejores resultados a corto plazo empleando el robot, con una menor incidencia de complicaciones en las anastomosis. La incidencia de fuga anastomótica es menor en las realizadas manualmente con el robot respecto de las realizadas con grapadora mecánica en laparoscopia. Además, analizan el impacto económico que esto tiene al prescindir de material quirúrgico de alto coste^{7,13}.
- También se ha descrito una menor tasa de conversión a cirugía abierta con la técnica robótica en comparación con la laparoscopia convencional. Factores que pueden influir en estos hallazgos son: la excelente visión en tres dimensiones que aporta el robot; la ausencia de temblor otorga mayor precisión al cirujano con un menor esfuerzo; mayor maniobrabilidad, capacidad

de disección y de sutura al poder usar los instrumentos con 360°, como lo haría la mano del cirujano, etc.^{12,13,17,18}.

- Existen factores indirectos que habría que tener en cuenta en términos económicos: la reincorporación laboral temprana y la calidad de vida de los pacientes a medio y largo plazo. Aunque la calidad de vida no tiene una repercusión directa en los gastos del hospital, si aporta a la sociedad en su conjunto y tiene un valor importante de coste-eficiencia⁹.

En general, no disponemos de estudios que analicen estos aspectos, pero la opinión de los autores es que en el caso de intervenciones complejas, la cirugía robótica podría aportar mejores resultados a los pacientes de manera coste-efectiva.

COSTE-EFICIENCIA DEL ROBOT EN NUESTRA EXPERIENCIA

En 2010 iniciamos un programa de cirugía robótica en cirugía digestiva. Hemos realizado alrededor de 350 intervenciones incluyendo cirugía bariátrica, cáncer de recto, glándula suprarrenal y resecciones atípicas de hígado. Hasta este momento, se han realizado alrededor de 250 bypass gástricos como tratamiento de la obesidad mórbida y 50 resecciones anteriores de recto con excelentes resultados.

Con todas las reservas de los resultados obtenidos en un estudio observacional, nos gustaría destacar algunos aspectos que consideramos destacables en nuestra experiencia:

- Optimización de la anastomosis gastro-yeyunal en cirugía bariátrica. En las operaciones de bypass gástrico no hemos tenido ninguna fuga anastomótica en los 250 pacientes intervenidos mientras que la tasa de dehiscencia en cirugía laparoscopia fue de 1%. Si hubiéramos realizado por laparoscopia los 250 bypass robóticos y se hubiera cumplido la estadística del 1%, los gastos de las dos dehiscencias habrían sido superiores al sobre-coste del robot por procedimiento. En otras palabras, estos resultados están ayudando a rentabilizar la inversión. Además, el hecho de que la anastomosis gastro-yeyunal sea totalmente manual nos permite calibrarla con más precisión, lo cual redundará en una mayor pérdida de peso y, en consecuencia, mejora la relación coste-eficiencia.
- En la resección anterior del recto, la disección resulta mucho más sencilla para el cirujano, especialmente a nivel pélvico. La visión en tres

dimensiones nos permite distinguir con más precisión la anatomía y los plexos autonómicos pélvicos, resultando más sencilla su preservación y nos permite obtener una exéresis total del mesorrecto de mayor calidad. Además, nuestros resultados preliminares sugieren que tanto los resultados oncológicos como funcionales mejoran con el uso de esta tecnología.

- La cirugía robótica aporta ventajas tecnológicas objetivas cuya demostración científica parece estrictamente necesaria, tales como la visión tridimensional de alta definición, poseer brazos articulados con todos los grados de movimiento en el espacio que optimizan la disección y las suturas, la ergonomía perfecta y el completo control de la cámara e instrumental por el cirujano.
- A todo esto se le suma el advenimiento de tecnología adicional, como puede ser la utilización intraoperatoria de imágenes de resonancia magnética o tomografía computarizada. La interposición de una interfaz digital entre el paciente y el cirujano abre una infinidad de posibilidades.

Por lo tanto, en nuestra experiencia consideramos que la diferencia de precio podría rentabilizarse a largo plazo en cirugías complejas y con un alto volumen de pacientes. En cirugía bariátrica hemos encontrado buena relación coste-eficiencia al realizar al menos 100 bypass gástricos al año.

Al ver la expansión que la cirugía robótica ha tenido en el mundo a lo largo de los últimos años, consideramos que en un plazo máximo de siete a diez años más de la mitad de la cirugía en el mundo occidental podría llegar a realizarse empleando algún tipo de recurso o dispositivo robótico, ya que serán más baratos, versátiles y accesibles.

COSTE-EFICIENCIA: CONSIDERACIONES DE FUTURO

La eficiencia de la cirugía robótica viene determinada fundamentalmente por el coste de adquisición del robot, su mantenimiento y el precio de los recambios de su equipamiento básico. Los costes de mantenimiento y reparación suponen al año un 10% del precio de adquisición del robot. Reducir estos costes debe ser uno de los objetivos de futuro para rentabilizar la inversión económica y permitir su difusión^{9,16}.

El análisis de gastos del quirófano incluye múltiples variables como la preparación del quirófano con el material necesario, acoplamiento del robot al paciente, tiempo quirúrgico, desacoplamiento del robot del paciente, intervalos entre cirugías, etc. Todos estos tiempos se pueden reducir con equipos consolidados,

bien formados y seleccionando los primeros casos durante la curva de aprendizaje^{3,16,19}. Si se logran reducir estos tiempos mejoraremos significativamente la relación coste-eficiencia de la cirugía robótica.

Otro factor importante a tener en cuenta en el futuro es la aparición de competencia en el mercado. La disminución de los costes de fabricación a medida que se consolide esta tecnología, junto con la posibilidad de encontrar alternativas en el mercado mejorarán la accesibilidad a esta tecnología¹.

Aunque el coste directo de la cirugía robótica es mayor que el de la cirugía laparoscópica convencional, es importante preguntarse si este gasto podría suponer una inversión a largo plazo para los pacientes y la sociedad. Como hemos dicho anteriormente, hay que tener en cuenta muchos factores implicados en el proceso quirúrgico que generan costes indirectos que, desgraciadamente, no se contemplan en los estudios disponibles. Disponemos de poca evidencia que muestre que la cirugía robótica aporta mejores resultados. Sin embargo, a pesar de esta carencia y basados en los estudios disponibles, podemos decir que la cirugía robótica ocupa ya un lugar importante en el campo de la cirugía mínimamente invasiva.

También conviene preguntarse si esta tecnología robótica realmente permitirá a los cirujanos ser mejores cirujanos. El coste, el marketing, los intereses políticos, etc. pueden interferir en la implantación de esta nueva tecnología pero, con el paso del tiempo, no será posible frenar la evolución de estos sistemas con capacidad para realizar procedimientos quirúrgicos complejos a más cirujanos¹³.

CONCLUSIÓN

Disponemos de evidencia suficiente para afirmar que la cirugía robótica es eficaz y segura¹⁰. Aunque la mayoría de estos estudios son retrospectivos o prospectivos no aleatorizados, los datos disponibles muestran resultados similares y, en algunos aspectos, mejores a la técnica laparoscópica.^{13,20} Hacen falta estudios multicéntricos, prospectivos y aleatorizados bien diseñados para evaluar la relación coste-eficiencia y los resultados a largo plazo de los procedimientos robóticos en general. En este sentido, a corto plazo ya podremos contar con los resultados del ensayo clínico aleatorizado ROLARR (Robotic Versus Laparoscopic Resection for Rectal Cancer, (<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT01736072>), que ayudará a definir el verdadero impacto que puede llegar a tener la cirugía robótica en el tratamiento quirúrgico del cáncer de recto^{12,21}.

Aunque todavía hay una importante diferencia de costes, una mayor oferta y difusión de la tecnología

robótica podría conducir en un futuro próximo a una caída importante de los precios y, en consecuencia, a la implantación de la cirugía robótica como una alternativa disponible para todos los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Hottenrott C. Robotic versus laparoscopic surgery for rectal cancer and cost-effectiveness analysis. *Surg. Endosc.* 2011;25:3954-3956.
- Gabriel I, Barbash, Sherry A. Glied. New Technology and Health Care Costs — The Case of Robot-Assisted Surgery. *N Engl J Med.* 2010; 363:701-704.
- Mantoo S, Rigaud J, Naulet S, Lehur P-A, Meurette G. Standardized surgical technique and dedicated operating room environment can reduce the operative time during robotic-assisted surgery for pelvic floor disorders. *J. Robot. Surg.* 2013;8:7-12.
- Baek S-J, Kim S-H, Cho J-S, Shin J-W, Kim J. Robotic versus Conventional Laparoscopic Surgery for Rectal Cancer: A Cost Analysis from A Single Institute in Korea. *World J. Surg.* 2012;36:2722-2729.
- Hubens G, Balliu L, Ruppert M, Gypen B, Van Tu T, Vaneerdegew W. Roux-en-Y gastric bypass procedure performed with the da Vinci robot system: is it worth it? *Surg. Endosc.* 2008;22:1690-6.
- Bailey JG, Hayden J a, Davis PJ, Liu RY, Haardt D, Ellsmere J. Robotic versus laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass (RYGB) in obese adults ages 18 to 65 years: a systematic review and economic analysis. *Surg Endosc.* 2014;28:414-26.
- Hagen ME, Pugin F, Chassot G, Huber O, Buchs N, Iranmanesh P, et al. Reducing cost of surgery by avoiding complications: The model of robotic Roux-en-Y gastric bypass. *Obes. Surg.* 2012;22:52-61.
- Curet M, Curet MJ, Solomon H, Lui G, Morton JM. Comparison of hospital charges between robotic, laparoscopic stapled, and laparoscopic handsewn Roux-en-Y gastric bypass. *J. Robot. Surg.* 2009;3:75-78.
- Ahmed K, Ibrahim A, Wang TT, Khan N, Challacombe B, Khan MS, et al. Assessing the cost effectiveness of robotics in urological surgery - A systematic review. *BJU Int.* 2012;110:1544-1556.
- Bianchi PP, Ceriani C, Locatelli A, Spinoglio G, Zampino MG, Sonzogni A, et al. Robotic versus laparoscopic total mesorectal excision for rectal cancer: A comparative analysis of oncological safety and short-term outcomes. *Surg. Endosc. Other Interv. Tech.* 2010;24:2888-2894.
- Kim CW, Baik SH. Robotic rectal surgery: what are the benefits? *Minerva Chir.* 2013;68:457-69.
- Collinson FJ, Jayne DG, Pigazzi A, Tsang C, Barrie JM, Edlin R, et al. An international, multicentre, prospective, randomised, controlled, unblinded, parallel-group trial of robotic-assisted versus standard laparoscopic surgery for the curative treatment of rectal cancer. *Int. J. Colorectal Dis.* 2012;27:233-241.
- Wilson EB, Sudan R. The Evolution of Robotic Bariatric Surgery. *World J. Surg.* 2013; 37:2756–2760.
- Vilallonga R, Fort JM, Gonzalez O, Caubet E, Boleko A, Neff KJ, et al. The Initial Learning Curve for Robot-Assisted Sleeve Gastrectomy: A Surgeon's Experience While Introducing the Robotic Technology in a Bariatric Surgery Department. *Minim. Invasive Surg.* 2012;2:347131.
- Turchetti G, Palla I, Pierotti F, Cuschieri A. Economic evaluation of da Vinci-assisted robotic surgery: A systematic review. *Surg. Endosc. Other Interv. Tech.* 2012;26:598-606.
- Herron DM, Marohn M. A consensus document on robotic surgery. *Surg. Endosc.* 2008;22:313-325.
- Kim CW, Baik SH. Robotic rectal surgery: what are the benefits? *Minerva Chir.* 2013;68:457-459.
- Halabi WJ, Kang CY, Jafari MD, Nguyen VQ, Carmichael JC, Mills S, et al. Robotic-assisted colorectal surgery in the United States: A nationwide analysis of trends and outcomes. *World J. Surg.* 2013;37:2782-2790.
- Rosemurgy A, Ryan C, Klein R, Sukharamwala P, Wood T, Ross S. Does the cost of robotic cholecystectomy translate to a financial burden? *Surg. Endosc.* 2015;29:2115-2120.
- Kim SH, Kwak JM. Robotic total mesorectal excision: Operative technique and review of the literature. *Tech. Coloproctol.* 2013; 17(Suppl 1):S47–S53.
- Bianchi P Pietro. Reply to: doi: 10.1007/s00464-011-1808-9: Robotic versus laparoscopic total mesorectal excision for rectal cancer: comparative analysis of oncologic safety and short-term outcomes. *Surg. Endosc.* 2011;25:3957-3958.

La importancia del modelo organizativo hospitalario para el desarrollo de la cirugía robótica

EV LÓPEZ, Y QUIJANO COLLAZO, B LELPO, H DURÁN GIMÉNEZ-RICO, R CARUSO
Hospital Universitario Madrid Sanchinarro. Centro Oncológico "Clara Campal". Madrid
Universidad San Pablo. CEU. Facultad de Medicina. Madrid

Correspondencia: emilvic@bitmailer.net

RESUMEN

En España, al igual que en muchos países occidentales, la especialidad de cirugía general y digestiva se ha ido incorporando de una forma lenta a la cirugía robótica (CR). Diferentes situaciones administrativas, estructurales y técnicas hacen que el desarrollo de la CR no sea el esperado. Cuando se analizan los motivos, habitualmente se esgrime la dudosa relación coste-beneficio de la misma. Aun aceptando que puede ser cierto este argumento, especialmente si la actividad que se efectúa es muy reducida, también lo es que cuando se dispone de él, aspectos organizativos y estructurales del hospital, así como del propio servicio quirúrgico, pueden condicionar en gran medida este desarrollo. En este capítulo se revisan los aspectos organizativos más importantes que afectan a la implantación y desarrollo de los programas de CR.

Palabras clave: cirugía robótica, programas, costes.

INTRODUCCIÓN

La cirugía robótica (CR) representa el sistema más avanzado de la denominada cirugía mínimamente invasiva. Desde su inicio, en el año 1997¹, su desarrollo ha sido constante y progresivo, revolucionando el concepto de la cirugía. El interés de los diferentes grupos quirúrgicos por la misma ha ido incrementándose, especialmente en los últimos años. De esta forma, se ha ido sustituyendo en grupos muy seleccionados la cirugía laparoscópica (CL) por la CR en la práctica clínica diaria. Algunos de ellos han llegado a considerar a la cirugía laparoscópica como una tecnología existente en una etapa de transición hasta la definitiva consolidación de la CR².

La CR ha sido desarrollada en diferentes especialidades quirúrgicas. El tipo de procedimientos realizados oscila desde técnicas sencillas a procedimientos de una gran complejidad. Esta progresiva transformación se ha debido, probablemente, a las ventajas de la CR, que elimina algunas de las carencias de la CL³.

CIRUGÍA ROBÓTICA EN EL AREA DE LA CIRUGÍA GENERAL Y DIGESTIVA

En España, al igual que en muchos países occidentales, la mayoría de los sistemas de CR se instalaron en centros médicos públicos o privados con una orientación fundamentalmente urológica.

La especialidad de cirugía general y digestiva se ha ido incorporando de una forma lenta a la CR. Dentro de la misma, la cirugía colorrectal, esofagogástrica, hepatobiliopancreática, endocrina y bariátrica se han beneficiado de la incorporación de esta nueva tecnología⁴, especialmente en el tratamiento de los procesos tumorales y para la realización de procedimientos complejos⁵.

Las ventajas de la cirugía mínimamente invasiva sobre la cirugía abierta son evidentes. Cuando se intenta establecer comparaciones entre la citada CR y la CL es difícil establecer datos objetivos que permitan establecer el beneficio de la primera de las citadas. Sin embargo, para los grupos que desarrollamos ambos procedimientos, la CR ofrece notables ventajas tales como permitir realizar procedimientos de una importante complejidad, reducción de las curvas de aprendizaje, disminución de los riesgos de la intervención al reducir el posible daño inadvertido a tejidos u órganos adyacentes e incremento de una forma notable la ergonomía y el confort del cirujano que efectúa la técnica, reduciendo el cansancio asociado a la realización

de procedimientos de una importante complejidad. Cuando, por diferentes situaciones administrativas, estructurales o técnicas no es posible utilizar la CR, “se la echa de menos”. De cualquier forma, la CR y la CL no deben ser comparadas. La CL es una técnica quirúrgica mínimamente invasiva y la CR ofrece, además de ello, la posibilidad de operar con un sistema o plataforma de trabajo que ofrece importantes ventajas; diagnóstico anatómico intraoperatorio, valoración intraoperatoria del estado vascular de estructuras digestivas y/o visualización selectiva de procesos tumorales primarios o secundarios que de otra forma podrían pasar desapercibidos.

Cuando se analizan los motivos por los cuales la CR se está desarrollando de una forma lenta en nuestra especialidad, se esgrime de forma habitual un mismo argumento: la dudosa relación coste-beneficio de la misma⁶. Aun aceptando que puede ser cierto este argumento, especialmente si la actividad que se efectúa es muy reducida, también lo es que, cuando se dispone de él, aspectos organizativos y estructurales del hospital, así como del propio servicio quirúrgico, pueden condicionar en gran medida este desarrollo.

A continuación revisaremos los aspectos organizativos más importantes que afectan la implantación y desarrollo de los programas de CR.

LIMITACIÓN DE USO DEL ÁREA QUIRÚRGICA ROBÓTICA

Debido al coste económico, el número de robots disponibles en los hospitales es muy reducido. No es frecuente encontrar en el mundo hospitales con más de 1 o 2 robots para práctica clínica. En España no existen este tipo de instituciones. Por otra parte, el uso de la CR es compartido con otros servicios quirúrgicos. Es evidente que este es un factor que limita el desarrollo de la misma. El problema se centra en cómo se efectúa la distribución de los diferentes grupos para utilizar el área quirúrgica robótica. Habitualmente, razones de equilibrio interno hospitalario entre los diferentes servicios condiciona la disponibilidad de la citada área quirúrgica. Este equilibrio puede incluso primar sobre el interés y la motivación de los profesionales sobre esta innovación quirúrgica e incluso sobre el volumen de pacientes que un determinado servicio posea y que se podrían beneficiar de la CR.

Se debe buscar una flexible utilización del área robótica por los diferentes servicios involucrados. Su utilización debe establecerse por criterios exclusivamente médicos; volumen de enfermos, tipo de patología y nivel de urgencia. El nivel de colaboración de todos los servicios involucrados debe ser un factor determinante para el desarrollo de la CR.

NÚMERO DE CIRUJANOS DEL SERVICIO QUE DESARROLLAN LA CR

La aplicación de nuevas tecnologías y la realización de nuevos procedimientos técnicos suelen estar limitados en muchas ocasiones a un número muy reducido de profesionales de un servicio quirúrgico. La CR no es una excepción. El intento de unificar su uso en aras de obtener unos adecuados resultados preliminares ha permitido intentar explicar esta línea de actuación. Sin embargo, una vez superada la primera etapa de formación, no parece estar justificado mantener esta situación. Más todavía, cuando ello puede condicionar el desarrollo del sistema robótico. De una forma progresiva, la mayoría de los cirujanos de un servicio deben ir incorporándose a la CR. Ningún cirujano moderno debe estar al margen de esta actividad que, sin duda alguna, va a tener un gran desarrollo en un futuro no muy lejano.

SUBESPECIALIZACIÓN EN CIRUGÍA

Aun aceptando que la tendencia actual de potenciar la subespecialización en cirugía general tenga alguna ventaja, no podemos negar los problemas que lleva asociados, especialmente en el desarrollo de nuevas tecnologías o procedimientos técnicos. La CR no es una excepción. El más importante de los citados problemas es la limitación para adquirir experiencia en un plazo de tiempo reducido. Ello viene condicionado por el limitado número de pacientes en determinadas aéreas de subespecialización. El cirujano que quiera tener experiencia en CR en nuestro país deberá no circunscribirse a un área específica de capacitación. Esta faceta que es aconsejable, en nuestra opinión, en un especialista ya formado, se debe contemplar de forma obligada en el periodo de formación de un residente de cirugía que también deberá de tener acceso a la CR.

INTERÉS EN DESARROLLAR CR POR CIRUJANOS EXPERTOS EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA

Un número no despreciable de cirujanos que disponen de esta tecnología suele demostrar un escaso interés por la misma. Rechazan su utilización. En la mayoría de ellos existe un denominador común: su amplia experiencia en CL. La argumentación esgrimida parece inicialmente ser consistente; una ausencia de ventajas técnicas en la utilización de la CR cuando se compara con la CL. Se considera que la mayoría de los procedimientos efectuados con CR pueden ser efectuados con CL sin tener que añadir el elevado coste económico derivado de la adquisición del sistema robótico y su mantenimiento. En

definitiva, no consideran que exista un equilibrio entre el coste y las ventajas derivadas del uso de la CR.

La CL y la CR no son procedimientos competitivos. Sus características son bien diferentes. Representan dos diferentes formas de efectuar técnicas quirúrgicas con un procedimiento mínimamente invasivo, aunque nuestra opinión, el futuro va a estar en la CR.

El cirujano moderno debe tener, en nuestra opinión, una formación integral que le permita afrontar la mayor parte de los procedimientos quirúrgicos que trata la especialidad de cirugía general con la tecnología más innovadora existente. Su nivel técnico dependerá de su constante adaptación a este hecho.

INTERÉS EN DESARROLLAR CR POR CIRUJANOS EXPERTOS EN DETERMINADAS ÁREAS DE ESPECIALIZACIÓN

Dentro de las diferentes áreas de subespecialización en cirugía general y digestiva aquella relacionada con el hígado, páncreas y vía biliar (HPB) ocupa un lugar de privilegio. En la misma, y dentro de la CR, se han producido importantes avances en los últimos años. Resecciones pancreáticas (cefálicas, distales o centrales) y hepáticas (lóbulos, sectores o segmentos) han podido ser realizadas con excelentes resultados en términos de morbi-mortalidad^{7,8}.

Sin embargo, el número de cirujanos con amplia experiencia en HPB y trasplante hepático que han ampliado su experiencia en la cirugía mínimamente invasiva en general y robótica en particular sigue siendo muy limitado. Muy posiblemente, la razón sea la gran complejidad de muchos de los procedimientos realizados y la dificultad de ser efectuados con este tipo de abordaje. Es evidente que el inicio de la práctica de la CR se debe considerar como una nueva "residencia quirúrgica".

El concepto debería de ser incorporar las nuevas tecnologías a las diferentes aéreas de capacitación quirúrgica, independientemente de la complejidad de técnicas a efectuar en ese campo. La rigurosa curva de aprendizaje obligada debe ser cuidadosamente tutelada. Es evidente que una dilatada experiencia en cirugía abierta en estas técnicas facilita un rápido desarrollo de la CR. La experiencia en cirugía laparoscópica, aun siendo importante, no tiene tanta trascendencia como la primera de las citadas. Un cirujano moderno debe obligadamente desarrollar su capacitación en CL y, si es posible en su medio laboral, también en CR.

ASPECTO ECONÓMICO

En cualquier tipo de hospital, pero especialmente en aquellos considerados como privados, el binomio cos-

te/beneficio está siempre presente ante cualquier incorporación de nueva tecnología. El precio del propio sistema robótico y su mantenimiento condiciona un riguroso análisis antes de la incorporación del mismo a la actividad clínica.

En el sector "no público", el coste de su utilización para un enfermo sin cobertura de seguro médico privado limitaría de una forma importante su utilización con el consiguiente perjuicio para los pacientes y cirujanos (experiencia limitada que condicionaría peores resultados). El propio hospital y las sociedades de seguro médicas se verían igualmente perjudicados con esta situación debido a un incremento en el coste económico por proceso.

En un intento de buscar un equilibrio entre los intereses de todas las partes involucradas se debe establecer un acuerdo entre las mismas. Hospitales, cirujanos y sociedades de seguros médicos deben colaborar en un proyecto a medio/largo plazo que permita el desarrollo de la CR. Solo con visión de futuro se podrá obtener este desarrollo. El beneficio redundará en todos ellos.

Las características de los hospitales públicos hacen que el aspecto económico sea diferente, aunque la visión económica debe siempre ser considerada. Hasta obtener un correcto desarrollo de la CR, esta debería de estar inicialmente centralizada en un número reducido de hospitales en un intento de obtener una máxima rentabilidad y eficacia a la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. Himpens J, J, Leman G, Cadiere GB. Telesurgical laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc.* 1998;12:1091.
2. Satava RM. Emerging technologies for surgery in the 21st century. *Arch Surg.* 1999;134:1197-202.
3. Ewing DR, Pigazzi A, Wang Y, Ballantyne GH. Robots in the operating room-The history. *Semin Laparosc Surg.* 2004;11:63-71.
4. Buchs NC, Pugin F, Ris F, Jung M, Hagen ME, Volonté F, Azagury D, Morel P. Robotic general surgery: where do we stand in 2013? *Rev Med Suisse.* 2013 Jun 19;9:1317-22.
5. Yu HY, Friedlander DF, Patel S, Hu JC. The current status of robotic oncologic surgery. *CA Cancer J Clin.* 2013 Jan;63:45-56.
6. Salman M, Bell T, Martin J, Bhuvra K, Grim R, Ahuja V. Use, cost, complications, and mortality of robotic versus nonrobotic general surgery procedures based on a nationwide database. *Am Surg.* 2013 Jun;79:553-60.
7. Strijker M, van Santvoort HC, Besselink MG, van Hillegerberg R, Borel Rinkes IH, Vriens MR, et al. Robot-assisted pancreatic surgery: a systematic review of the literature HPB. 2013.15:1-10.
8. Ho CM, Wakabayashi G, Nitta H, Ito N, Hasegawa Y, Takahara T. Systematic review of robotic liver resection. *Surg Endosc.* 2013.27:732-9.

Cirugía robótica esófago-gástrica

C LOUREIRO GONZÁLEZ, I DÍEZ DEL VAL, JE BILBAO AXPE, JJ MÉNDEZ MARTÍN

Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital Universitario Basurto de Bilbao, Osakidetza. Vizcaya

RESUMEN

Para la gran mayoría de procedimientos quirúrgicos de cirugía esófago-gástrica, los resultados clínicos de la robótica son similares a los del abordaje laparoscópico estándar. Sin embargo, en casos seleccionados puede tener ventajas específicas y superar algunas de las limitaciones de la laparoscopia. En este campo, la principal aportación parece ser en aquellos procedimientos en los que se requiere una mejor visualización y una disección fina, tales como la miotomía de Heller, las reintervenciones sobre el hiato y las resecciones oncológicas que incluyen linfadenectomía, así como las anastomosis en localizaciones complejas. En el presente trabajo realizamos una revisión somera de los procedimientos en los que se ha aplicado el robot, así como de las posibles ventajas objetivadas y sus indicaciones actuales.

Palabras clave: cirugía robótica, cáncer de esófago, acalasia, cáncer de estómago, redo, hernia de hiato.

INTRODUCCIÓN

La robótica en cirugía general y, en particular, en esófago-gástrica es todavía un campo en desarrollo. Sin embargo, hay varias ventajas potenciales del sistema robótico que pueden superar las limitaciones de la instrumentación laparoscópica estándar y proporcionar una excelente interfaz para el cirujano. Estas ventajas, comunes a otros procedimientos quirúrgicos, incluyen la magnificación del campo quirúrgico, la visión binocular tridimensional de la anatomía en alta definición, el amplio rango de movimiento con los instrumentos multiarticulados, la reducción del temblor, el escalado del movimiento y la confortable ergonomía para el cirujano. De este modo puede incrementar las

habilidades del cirujano durante la disección, lo que eventualmente se traduciría en unos mejores resultados clínicos en ciertos casos.

Sin embargo, también hay inconvenientes del robot: el sistema actual es muy voluminoso con componentes pesados, los cambios de posición en la mesa quirúrgica no son factibles sin desconectar el robot del paciente y la ausencia de sensación táctil puede provocar trauma tisular durante la disección. Adicionalmente, para la cirugía abdominal superior, la colocación del carro quirúrgico desde la porción superior del paciente (excepto en el modelo Xi) dificulta el acceso del anestesista a la vía aérea o la realización de endoscopia intraoperatoria. Por supuesto, según el equipo adquiere experiencia, pueden minimizarse algunas de estas limitaciones, permitiendo un uso seguro y eficiente.

CIRUGÍA DEL REFLUJO Y DE LA HERNIA DE HIATO

Es difícil objetivar beneficios con el empleo del robot en la funduplicatura laparoscópica por la escasez de complicaciones y la corta estancia hospitalaria. Varios ensayos clínicos recogidos en el meta-análisis de Markar¹ muestran tiempos quirúrgicos más largos y mayores costes respecto al abordaje laparoscópico, sin ventajas demostrables. Sin embargo, al tratarse de un procedimiento frecuente y de dificultad media-baja para cirujanos con experiencia, resulta ideal para el aprendizaje del uso del robot y la posterior progresión hacia técnicas más avanzadas.

La más prolija disección necesaria en el tratamiento de las hernias hiatales gigantes (tipo III-IV) puede verse facilitada con el empleo del robot, que se muestra seguro y con una tasa relativamente baja de recidivas al año².

Las reintervenciones por fracasos de funduplicatura previa han mostrado, en la experiencia de Broeders (30 casos de redo laparoscópico vs. 43 robóticos entre 2011 y 2013, pendiente de publicación), una tasa de conversiones, complicaciones mayores y estancia hospitalaria significativamente más bajas en el grupo robótico, a pesar de que en el mismo había más pacientes intervenidos inicialmente por laparotomía.

En nuestra serie³, el tratamiento del hiato “complejo” (por hernias paraesofágicas o fracaso de funduplicatura previa) representa una de las principales aplicaciones del robot en cirugía esófago-gástrica (Tabla 1).

ACALASIA

La cirugía de la acalasia se ajusta globalmente a las condiciones ideales de la cirugía robótica: campos profundos, un solo cuadrante, disección fina y necesidad de suturas. La superior visualización e identificación de las fibras musculares y el descalado del movimiento permiten una más precisa disección, lo cual parece contribuir a disminuir la tasa de perforación mucosa respecto a la cirugía laparoscópica. Además, proporciona una excelente calidad de vida a medio plazo, precisando raramente un tratamiento endoscópico adicional^{4,6} (Tabla 2).

CÁNCER GÁSTRICO

Varios meta-análisis publicados muestran resultados similares entre la gastrectomía robótica y la gastrectomía laparoscópica, sin diferencias en número de ganglios, márgenes de resección, ni complicaciones⁷⁻⁹. El empleo del robot parece disminuir la curva de aprendizaje y el sangrado, facilitando una meticulosa linfadenectomía en territorios complejos (sobre todo en los grupos 10 y 11) y la realización de la anastomosis de forma manual¹⁰, gracias a la calidad de la imagen, la reducción del temblor y la versatilidad del instrumental. Además, en cirugía robótica es posible levantar la pared abdominal con la cámara, lo que ofrece un “efecto tienda” que aumenta el campo quirúrgico, facilitando la visión y permitiendo disminuir la presión del neoperitoneo en casos de hipercapnia.

La cirugía robótica del cáncer gástrico parece, por tanto, un campo con gran potencial de desarrollo, dadas las ventajas descritas. Sin embargo, su progresión se ve limitada por la escasa disponibilidad del robot en nuestros hospitales, prácticamente monopolizado por la Urología, lo que implica un volumen de actividad y experiencia bajos. En nuestra opinión, esta circunstancia exacerba las desventajas derivadas de la necesidad de manipulación visceral, así como del uso importante de suturas mecánicas y

Tabla 1. Intervenciones robóticas esófago-gástricas en el HU Basurto (desde septiembre de 2009 hasta junio de 2015)

Diagnóstico		Procedimiento	
ERGE	7	Nissen	7
Hernia paraesofágica	22	Nissen complejo	22
Fracaso anti-reflujo previo	33	Redo (Nissen)	23
		Redo (Toupet)	6
		Redo (Collis-Nissen)	2
		Redo (Bypass gástrico)	2
Cáncer de esófago	37	Laparoscopia diagnóstica	1
		Esofagectomía transhiatal	8
		Esofagectomía tres campos	4
		Toracoscopia diagnóstica	1
		Esofagectomía Ivor-Lewis	23
Estenosis esofágica benigna	2	Esofagectomía Ivor-Lewis	2
Cáncer gástrico	4	Gastrectomía subtotal	4
GIST gástrico (+ t. fibrovasc.)	4	Resección en huso	4
Acalasia	37	Miotomía de Heller+Dor	36
		Cardioplastia	1
Obesidad mórbida	2	By-pass gástrico	2
Leiomioma torácico	2	Leiomiomectomía toracoscópica	2
Hernia de Morgagni	3	Hernioplastia	3
Divertículo epifrénico	1	Diverticulectomía+miotomía+Toupet	1
TOTAL	154		154

Tabla 2. Resultados de la miotomía de Heller asistida por robot (adaptado de Samamé⁶)

Autor (año)	Pacientes	Tiempo medio de cirugía (min)	Tasa de perforación (%)	Resultados buenos o excelentes	Tratamiento adicional (%)
Horgan (2005)	59	149	0	92%	2 (3,4%)
Melvin (2005)	104	141	0	100%	1 (1%)
Galvani (2011)	73	119	0	96%	3 (4%)

de instrumentos de sellado, que deben ser aplicados por el asistente.

Frente a las series occidentales, los grupos orientales publican experiencias amplias: el estudio comparativo de Kim¹¹ incluye 436 gastrectomías robóticas, 861 laparoscópicas y 4542 abiertas, con unos resultados excelentes de morbimortalidad.

CÁNCER DE ESÓFAGO

Horgan describió en 2003 la esofagectomía laparoscópica transhiatal asistida con robot en 20 pacientes con cáncer esofágico¹². Sin embargo, aunque la mayor longitud de los instrumentos robóticos permite la disección bajo visión directa por encima del nivel de la carina, la linfadenectomía mediastínica resulta limitada. Durante el tiempo abdominal de la esofagectomía, la amplitud del campo quirúrgico y la necesidad de realizar disparos sucesivos de endograpadora incrementa la dificultad del procedimiento, sin ventajas adicionales frente a la laparoscopia.

El abordaje transtorácico muestra una reducción de las pérdidas hemáticas, de la estancia en UCI y de las complicaciones cardiopulmonares, con similar mortalidad, estancia hospitalaria y número de ganglios resecaos en comparación con la vía abierta¹³. Adicionalmente, puede suponer un adecuado entrenamiento para la realización de gestos más complejos. El grupo de Utrecht ha publicado recientemente la serie europea más larga de esofagectomía robótica, con 108 pacientes intervenidos y unos resultados de efectividad (oncológicos) favorables, aunque el 66% presentan morbilidad postoperatoria significativa¹⁴. En un intento de mejorar el nivel de evidencia, este mismo grupo mantiene abierto el ROBOT trial, que compara la esofagectomía transtorácica asistida con robot *versus* abierta¹⁵.

Una de las principales utilidades del robot es la realización de la anastomosis manual intratorácica tras la esofagectomía (Figura 1). En mayo de 2011 realizamos en nuestro Servicio el primer procedimiento de Ivor-Lewis asistido por robot con anastomosis manual en prono. Desde entonces, dicha técnica se ha convertido en el abordaje de elección para el tratamiento quirúrgico del cáncer del tercio inferior de esófago y de la unión esófago-gástrica (Figura 2), al combinar las ventajas de la mínima invasión frente a la cirugía abierta, del abordaje torácico frente al transhiatal, de la anastomosis torácica frente a la cervical y de la sutura manual frente a la mecánica. La técnica ha sido descrita con detalle previamente^{16,17}, y diferentes adaptaciones han sido introducidas respetando los principios del método IDEAL de innovación en cirugía¹⁸.

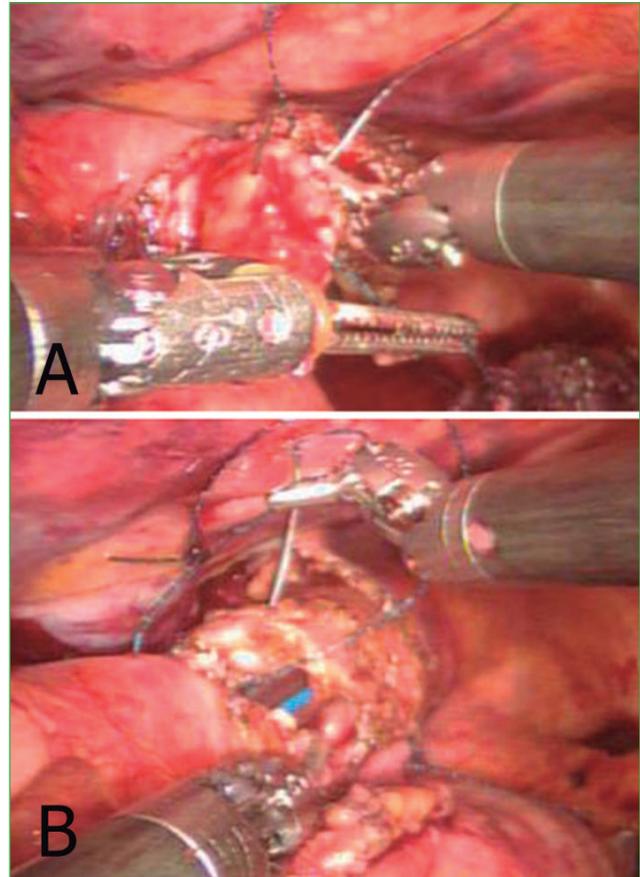


Figura 1. Esfagectomía Ivor-Lewis robótica: anastomosis manual.

OTRAS APLICACIONES EN CIRUGÍA ESÓFAGO-GÁSTRICA

La resección robótica de los quistes de duplicación esofágica puede ser útil por la magnificación y estabilidad de la imagen, que favorece una adecuada identificación de las ramas vagales y frénicas, así como la preservación de la integridad de la mucosa esofágica. Lo mismo podría ser aplicable para los leiomiomas esofágicos, donde el robot permite una disección más precisa y facilita la sutura de la miotomía.

En la reparación de las hernias de Morgagni, la fijación de la malla en la cara anterior del defecto puede resultar más sencilla con el empleo del robot.

CONCLUSIONES

Los mayores beneficios del robot en cirugía esófago-gástrica se obtienen en técnicas que precisan una disección fina en campos profundos, en un solo cuadrante, con anastomosis complejas y mal orientadas, y con poca manipulación visceral por el riesgo de desgarro accidental secundario a la falta de sensación táctil, en particular si no se utilizan grapadoras mecánicas ni

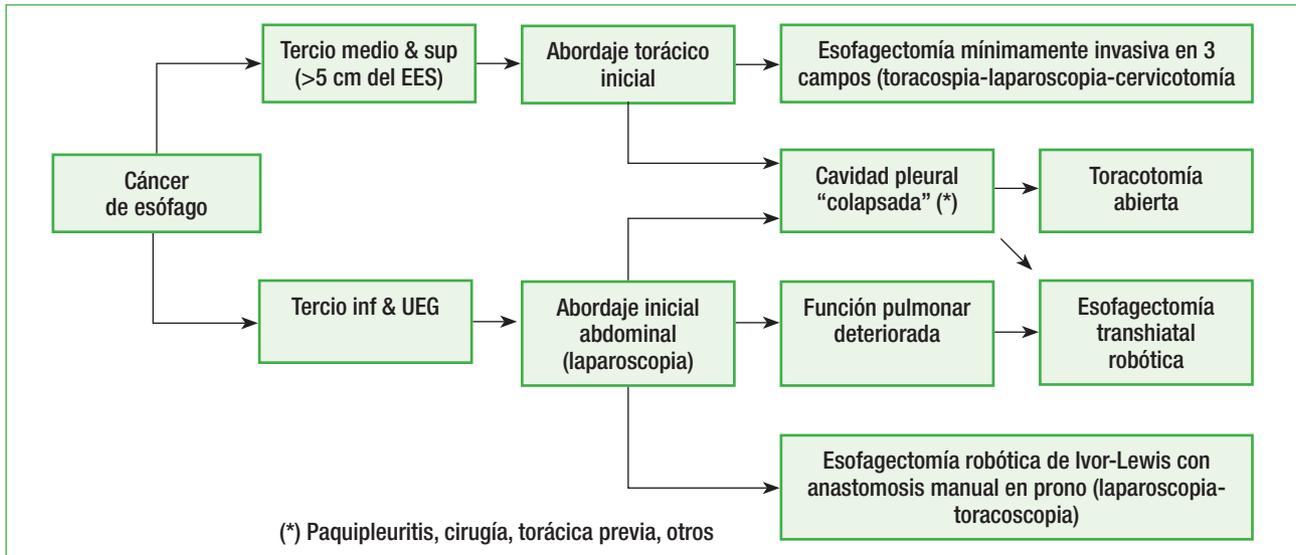


Figura 2. Abordaje quirúrgico del cáncer de esófago en el HU Basurto.

existen grandes necesidades de instrumentos de sellado o clips. En una reciente revisión, Toro¹⁹ resume las ventajas específicas de la cirugía robótica del intestino proximal (*foregut*).

Por ello, el abordaje robótico es en la actualidad el procedimiento de elección en nuestra Unidad en el tratamiento quirúrgico de la acalasia, en las reintervenciones por fracaso de funduplicaturas previas, en la anastomosis manual intratorácica de la esofagectomía de Ivor-Lewis y en caso de que esté indicada una resección esofágica transhiatal. En función de su disponibilidad, puede ser una buena alternativa para la cirugía de las hernias paraesofágicas. Con un adecuado volumen de actividad, la calidad de la linfadenectomía de ciertos grupos ganglionares en la cirugía del cáncer gástrico podría superar a otros abordajes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Markar SR, Karthikesalingam AP, Hagen ME, Talamini M, Horgan S, Wagner OJ. Robotic vs. laparoscopic Nissen fundoplication for gastro-oesophageal reflux disease: systematic review and meta-analysis. *Int J Med Robot Comp* 2010;6:125-31.
2. Draaisma WA, Gooszen HG, Consten EC, Broeders IA. Mid-term results of robot-assisted laparoscopic repair of large hiatal hernia: a symptomatic and radiological prospective cohort study. *Surg Technol Int* 2008;17:165-70.
3. Díez del Val I, Martínez Blázquez C, Loureiro González C, Vitores López JM, Sierra Esteban V, Barrenetxea Asua J, et al. Robot-assisted gastroesophageal surgery: usefulness and limitations. *J Robotic Surg* 2014;8:111-8.
4. Horgan S, Galvani C, Gorodner MV, Omelanczuck P, Elli F, Moser F, et al. Robotic-assisted Heller myotomy versus laparoscopic Heller myotomy for the treatment of esophageal achalasia: Multicenter study. *J Gastrointest Surg* 2005;9:1020-30.
5. Huffmanm LC, Pandalai PK, Boulton BJ, James L, Starnes SL, Reed MF, et al. Robotic Heller myotomy: a safe operation with higher postoperative quality-of-life indices. *Surgery* 2007;142:613-20.
6. Samamé J, Dylewski MR, Echeverría A, Galvani CA. Achalasia. En: Kim KC, editor. *Robotics in general surgery*. Springer, New York; 2014; p. 55-65.
7. Xiong B, Ma L, Zhang C. Robotic versus laparoscopic gastrectomy for gastric cancer: a meta-analysis of short outcomes. *Surg Oncol* 2012;21:274-80.
8. Hyun MH, Lee CH, Kim HJ, Tong Y, Park SS. Systematic review and meta-analysis of robotic surgery compared with conventional laparoscopic and open resections for gastric carcinoma. *Br J Surg* 2013;100:1566-78.
9. Buchs NC, Bucher P, Pugin F, Morel P. Robot-assisted gastrectomy for cancer. *Minerva Gastroenterol Dietol* 2011;57:33-42.
10. Terashima M, Tokunaga M, Tanizawa Y, Bando E, Kawamura T, Miki Y, et al. Robotic surgery for gastric cancer. *Gastric Cancer* 2015;18:449-57.
11. Kim KM, An JY, Kim HI, Cheong JH, Hyung WJ, Noh SH. Major early complications following open, laparoscopic and robotic gastrectomy. *Br J Surg* 2012;99:1681-7.
12. Horgan S, Berger RA, Elli EF, Espat NJ. Robotic-assisted minimally invasive transhiatal esophagectomy. *Am Surg* 2003;69:624-6.
13. Clark J, Sodergren MH, Purkayastha S, Mayer EK, James D, Athanasiou T, et al. The role of robotic assisted laparoscopy for oesophagogastric oncological resection; an appraisal of the literature. *Dis Esoph* 2011;24:240-50.
14. Van der Sluis PC, Ruurda JP, Verhage RJJ, van der Horst S, Haverkamp L, Siersema PD, et al. Oncologic long-term results of robot-assisted minimally invasive thoraco-laparoscopic esophagectomy with two-field lymphadenectomy for esophageal cancer. *Ann Surg Oncol*. En prensa 2015 (online first). DOI 10.1245/s10434-015-4544-x.
15. Van der Sluis PC, Ruurda JP, van der Horst S, Verhage RJJ, Besselink MGH, Prins MJD, et al. Robot-assisted minimally invasive thoraco-laparoscopic esophagectomy versus open

- transthoracic esophagectomy for resectable esophageal cancer, a randomized controlled trial (ROBOT trial). *Trials* 2012;13:230. DOI: 10.1186/1745-6215-13-230.
16. Díez del Val I, Loureiro Gonzalez C, Larburu Etxaniz S, Barretxea Asua J, Leturio Fernandez S, Ruiz Carballo S, et al. Contribution of robotics to minimally invasive esophagectomy. *J Robotic Surg* 2013;7:325-32.
 17. Cerfolio RJ, Bryant AS, Hawn MT. Technical aspects and early results of robotic esophagectomy with chest anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013;145:90-6.
 18. Díez del Val I, Loureiro C, McCulloch P. The IDEAL prospective development study format for reporting surgical innovations. An illustrative case study of robotic oesophagectomy. *Int J Surg* 2015;19:104-11.
 19. Toro JP, Lin E, Patel AD. Review of robotics in foregut and bariatric surgery. *Surg Endosc* 2015;29:1-8.

Uso de la cirugía robótica en el tratamiento de la obesidad mórbida

R VILALLONGA PUY, JM FORT LÓPEZ-BARAJAS, E CAUBET BUSQUET, O GONZÁLEZ LÓPEZ, J BALIBREA DEL CASTILLO

Unidad de Cirugía Endocrina, Bariátrica y Metabólica. Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital Universitario Vall d'Hebron. Facultad de Medicina, Universitat Autònoma de Barcelona. Center of Excellence for the EAC-BC. Barcelona

Correspondencia: vilallongapuy@hotmail.com

RESUMEN

La cirugía de la obesidad es una subespecialidad dentro de la cirugía general compleja desde un punto de vista del manejo de los enfermos, su tratamiento quirúrgico y su seguimiento. Nuevas tecnologías y abordajes como la laparoscopia, primero, y ahora la robótica han sido empleadas en busca de un beneficio para el paciente desde un punto de vista de seguridad, mayor confort postoperatorio y complicaciones. La tecnología robótica, más joven respecto a la laparoscópica, muestra unos resultados de su aplicabilidad y seguridad correctos. Sin embargo, existe poca evidencia sólida aún para su uso sistemático en procedimientos complejos como en las técnicas quirúrgicas primarias y de revisión para el tratamiento de la obesidad. En este artículo se pretenden mostrar algunos de los aspectos de esta tecnología en relación a la cirugía de la obesidad, sus ventajas y desventajas, así como las opciones de futuro.

Palabras clave: obesidad mórbida, cirugía robótica, cirugía mínimamente invasiva, cirugía de la obesidad.

INTRODUCCIÓN

En España, la obesidad se ha convertido en un problema de salud poblacional y uno de los mejores aliados para su lucha como tratamiento efectivo y duradero de esta enfermedad es la cirugía de la obesidad. Con ella, se ofrece un tratamiento eficaz para obtener la pérdida de peso en pacientes con obesidad severa¹. El uso de la cirugía para tratar la obesidad mórbida ha aumentado dramáticamente en las últimas décadas. Se estima que unos 350.000 procedimientos bariátricos se realizaron a nivel mundial (63% en EE UU/Canadá) en 2008 en comparación con menos de 5.000 procedimientos entre 1987-1989^{2,3}.

En un estudio reciente promovido por la Federación Internacional para la Cirugía de la Obesidad y Trastornos Metabólicos (IFSO) a través de un cuestionario, se mostró que el número total de procedimientos a nivel mundial en 2011 fue 340.768 y que el número total mundial de cirujanos bariátricos/metabólicos era 6.705¹. Los procedimientos más utilizados fueron el bypass gástrico en Y de Roux (BPG) 46,6%, la gastrectomía vertical (GV) 27,8%, la banda gástrica ajustable (BGA) 17,8% y la derivación biliopancreática/cruce duodenal (DBP/CD) del 2,2%. Las tendencias mundiales 2003-2008 hasta el 2011 registraron un descenso del BPG del 65% al 46%, un incremento seguido por un fuerte descenso de la BGA (de 24% a 42% y actualmente, al 17%). Finalmente, se registra un marcado aumento en de la GV desde 5% al 27%. La DBP/CD disminuyó hasta el 2%.

Se han definido unos criterios claros para indicar una cirugía de la obesidad primaria a los pacientes, aunque estos parecen cada día más sujetos a cambios y a otros parámetros del enfermo más allá del Índice de Masa Corporal (IMC). De acuerdo con las directrices actuales, los pacientes que fracasan con un tratamiento médico y que están con una obesidad Clase III (IMC \geq 40 kg/m²), con una obesidad clase II (IMC \geq 35 a 39,9 kg/m² con una importante comorbilidad relacionada con la obesidad) o simplemente con una obesidad clase I (IMC \geq 30 a 34,9 kg/m² con una importante comorbilidad como la diabetes mellitas mal controlada) son potencialmente elegibles para cirugía⁴.

CIRUGIA BARIÁTRICA Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES

En los últimos años hemos asistido al auge de la laparoscopia aplicada a todos los ámbitos de la cirugía y a la aparición de nuevas tecnologías que intentan

mejorar los resultados obtenidos con el abordaje mínimamente invasivo tradicional. Estas nuevas tecnologías, basadas en el concepto de la mínima agresión, han desarrollado nuevos abordajes, reduciendo el número de puertos de trabajo llegando a la cirugía a través de orificios naturales y a la cirugía a través de puerto único⁵. La robótica, como ya se ha expuesto en otros capítulos, ha aparecido de manera tímida en el área de la cirugía general, demostrando su utilidad en algunos procedimientos⁵. La cirugía laparoscópica de la obesidad, entendida como una cirugía avanzada y compleja, no ha escapado a su práctica mediante sistemas tecnológicos como el robot.

CIRUGÍA BARIÁTRICA ASISTIDA POR ROBOT

Existen algunos datos preliminares que demuestran que el sistema robótico tiene un beneficio clínico en la realización de procedimientos complejos en espacios reducidos, especialmente en aquellos que se encuentran en localizaciones anatómicas desfavorables⁵. El advenimiento del sistema quirúrgico Da Vinci® (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA) ha permitido a muchos procedimientos complejos ser realizados con técnicas mínimamente invasivas como en el ámbito de la cirugía de la obesidad^{5,6}. Como en otros procedimientos, el BPG sigue siendo uno de los procedimientos más difíciles de realizar⁷. Así mismo, la complejidad de este tipo de procedimientos lo encontramos en los casos de cirugía electiva y de revisión en la obesidad⁵.

Con la implementación de las nuevas tecnologías, la robótica se ha aplicado en muchos procedimientos bariátricos diferentes, incluyendo todas las técnicas descritas para el tratamiento de la obesidad mórbida. Otro aspecto interesante, en pacientes con obesidad mórbida y con un panículo adiposo importante, es la ventaja de poder trabajar desde una consola sin tener que sentir la presión que se produce en el punto de inserción de las vainas de los trocares⁵. Así, algunos autores han informado la factibilidad del BPG asistido por robot, ya que puede realizarse con seguridad en pacientes obesos ($IMC > 50 \text{ kg/m}^2$)⁸. Finalmente, la utilización del robot en cirugía bariátrica puede hacerse durante todo el procedimiento o solo en algunas etapas de la cirugía (robot asistido) (Figura 1).

Desde el punto de vista de los resultados, la laparoscopia ha demostrado sobradamente sus beneficios en el campo de la cirugía bariátrica. Así mismo, las series más modernas y revisiones demuestran que la cirugía de la obesidad, cuando se realiza con el uso de la robótica, tiene tasas de complicaciones similares o más bajas en comparación con la laparoscopia tradicional⁹. Esta "nueva" tecnología es, pues, segura para ser aplicada

en procedimientos bariátricos⁹. Del mismo modo, una revisión sistemática demuestra que la cirugía de la obesidad asistida por robot es a la vez una opción segura y viable para los pacientes con obesidad severa⁶.

En un artículo reciente de revisión sistemática incluyendo un ensayo controlado aleatorio, 9 ensayos clínicos controlados y 12 series de casos mostraron que la cirugía de la obesidad robótica es factible, sin importar el procedimiento, incluyendo el 99,9% en BPG; 100% en GV; 100% de BGA y 93,62% en la derivación biliopancreática / cruce duodenal¹⁰.

Como ya ha sido mencionado previamente, la cirugía robótica aporta ventajas técnicas que incluyen siete grados de libertad de movimientos, una mayor destreza por reducción de escala de los movimientos del cirujano y anti-temblor para permitir manipulaciones más precisas y un mejor campo visual con mejores filtros de imagen tridimensional^{7,9}. Estas ventajas técnicas deberían mostrar un beneficio en términos de resultados clínicos en procedimientos complejos como el BPG y, en particular, con los pasos importantes del procedimiento como la sutura de la anastomosis⁸. Sin



Figura 1. A. Cirujano colocado en la consola del sistema Da Vinci. B. Colocación del carro de trabajo con los brazos de trabajo durante un bypass gástrico.

embargo, esto no se tradujo en un resultado real en la práctica clínica.

Una serie importante de pacientes que incluye un total de 1.100 BPG robóticos de dos centros analizó los resultados demostrando cómo el tiempo quirúrgico promedio fue de 155 minutos, sin ninguna conversión. Las complicaciones descritas fueron pocas, incluyendo 2 casos de tromboembolismo pulmonar (0,19%), 3 casos de trombosis venosa profunda (0,27%), un caso de fuga de la anastomosis gastroyeyunal (0,09%) y 9 casos de sangrado de la línea de grapas (0,82%)¹⁰.

En otro trabajo, los autores destacan la baja tasa de complicaciones, con una tasa de fuga anastomótica muy baja (0,29% en gastroyeyunostomía y 0,05% en yeyunostomía en BPG robótico, 0% en GV, 0,25% en BGA robótica y 8,5% en DBP robótico)¹⁰. La tasa de reintervención postoperatoria durante los primeros 30 días se mostró muy baja (1,14% en BPG y 1,16% en GV)²⁵. La gastroyeyunostomía tuvo una tasa de estenosis del 1,23% en el BPG robótico. La media hospitalaria osciló entre 2,7-7,4 días en BPG robótico y 2,6-4 días en GV robótico. El tiempo quirúrgico promedio osciló entre 130-295 min en BPG robótico y 95-135 min en GV robótica¹⁰.

En otra revisión publicada incluyendo 22 series y un total de 1.253 pacientes que se sometieron a BPG robótico con un IMC preoperatoria media de 46,6 kg/m² las principales complicaciones de procedimientos malabsortivos incluyeron 8 casos (2,4%) de fuga anastomótica, 2% de sangrado y 3% de estenosis⁶. Finalmente, en una revisión sistemática publicada recientemente incluyendo los resultados de 2.557 pacientes se demostró que las complicaciones mayores y menores del BPG robótico no fueron significativamente diferentes a las del laparoscópico convencional⁵.

En general, como conclusión a todos estos trabajos, las tasas de complicaciones no difieren significativamente entre el BPG robótico y laparoscópico¹².

Del mismo modo, la GV robótica es una alternativa segura cuando se utiliza en cirugía de la obesidad, que muestra resultados similares a los del abordaje laparoscópico^{13,14}.

Al analizar otros parámetros, el tiempo quirúrgico es mayor en el abordaje robótico, mientras que la duración de la estancia hospitalaria es más corta⁹. No hay pérdidas o estenosis se encontraron en los casos robóticos. No obstante se requieren más estudios con mayor tamaño de la muestra y la aleatorización^{14,15}.

Otro campo de especial interés para la cirugía robótica es la cirugía de revisión¹⁶⁻¹⁸. En nuestro centro, aplicamos la cirugía robótica para los casos de cirugía primaria y de revisión, especialmente para implementar el SADI (*Single Anastomosis Duodeno-Ileal By-pass*) como segundo tiempo de la GV¹⁹ (Figura 2).

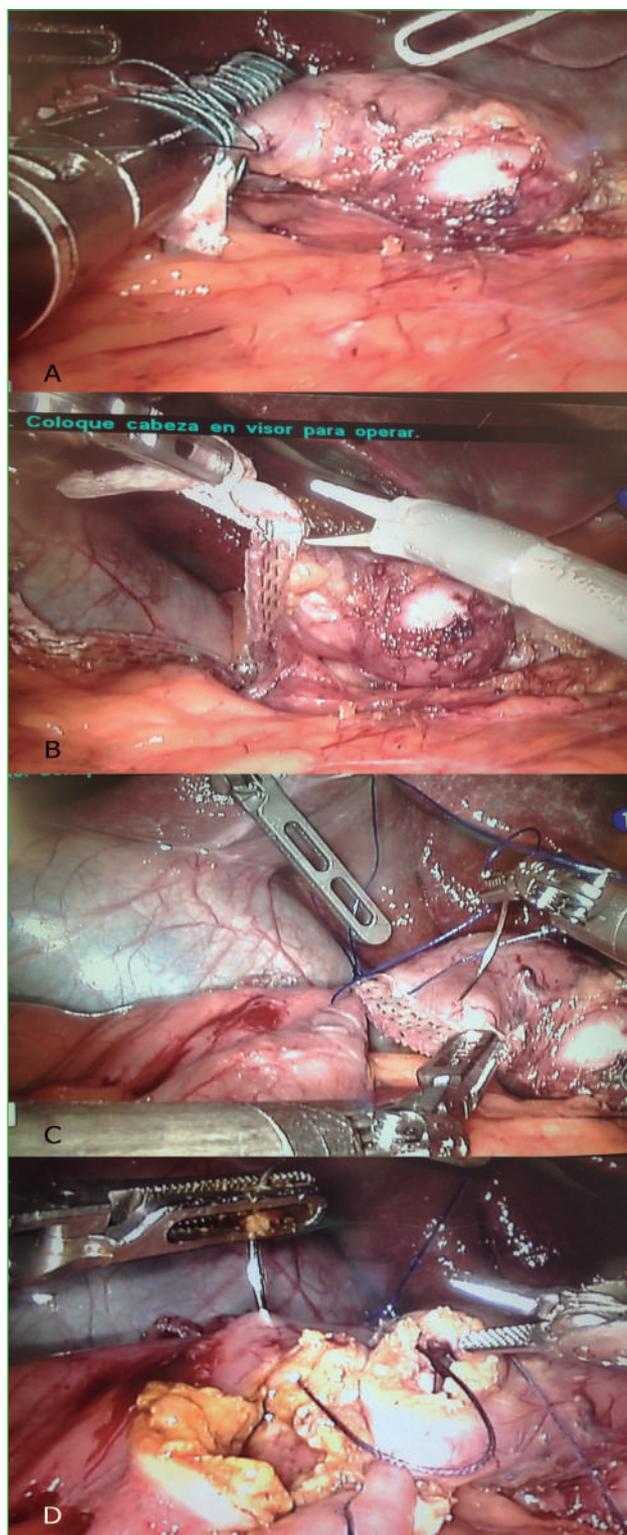


Figura 2. A. Cirugía de revisión de la obesidad durante un procedimiento tipo SADI. (*Single Anastomosis Duodeno-Ileal By-pass*) Transección completa del duodeno. B. Escisión del material de refuerzo situado en la parte gástrica. C. Anastomosis duodeno-ileal, sutura de polipropileno posterior. D. Sutura posterior reabsorbible continua [Reproducido con permiso de Vilallonga R et al. *Journal of obesity*. (2015)¹⁹].

El uso de la tecnología robótica en el ámbito de la obesidad no escapa a la curva de aprendizaje¹⁵. Sin embargo, las curvas de aprendizaje relacionadas con el uso del sistema robótico son más cortas cuando se comparan con el abordaje laparoscópico tradicional^{5,9,15}.

Debido al coste de la cirugía robótica, es importante tener especial cuidado en la toma de decisiones a la hora de decidir su adquisición y entorno de aplicación. Por ejemplo, existen estudios en los que se evalúa la BGA instalada mediante cirugía robótica pero probablemente no sea una técnica ideal para la utilización del robot debido a su simplicidad. De la misma manera, existen dudas sobre si la ergonomía y otros parámetros que mejoran en la cirugía robótica son suficientes para justificar el incremento en los costes²⁰.

En cualquier caso, es necesario destacar que la calidad de los trabajos sobre la cirugía robótica es, en general, mejorable. Por ello, se necesitan ensayos bien diseñados que permitan evaluar con precisión los resultados clínicos y el coste-efectividad de la robótica, tanto en el bypass gástrico como en la gastrectomía vertical y definir el papel de la robótica en el campo de la cirugía de la obesidad de revisión⁵.

CONCLUSIÓN

La cirugía robótica, en general, está todavía en su primera infancia. Sin embargo, el potencial que confiere el sistema a corto y medio plazo no parece tener límites. La tecnología robótica aplicada en el ámbito de la cirugía de la obesidad mórbida ha seguido la tendencia general en nuestra especialidad, habiendo demostrado su factibilidad y seguridad en todos los procedimientos quirúrgicos bariátricos. Sin embargo, las curvas de aprendizaje de acuerdo con el procedimiento, la duración del tiempo operatorio y los costes siguen siendo cuestiones a investigar.

En cualquier caso y en un futuro, es importante destacar el papel que deben jugar las asociaciones profesionales como auditores de los resultados de este y otros avances con el fin de poder emitir directrices detalladas para su aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Buchwald H, Oien DM. Metabolic/bariatric surgery worldwide 2011. *Obes Surg.* 2013;23:427-36.
2. Samuel I, Mason E, Renquist K, Huang Y, Zimmerman M, Jamal M. Bariatric surgery trends: an 18-year report from the International Bariatric Surgery Registry. *Am J Surg.* 2006;192:657-62.
3. Buchwald H, Oien DM. Metabolic/Bariatric Surgery Worldwide 2008. *Obes Surg.* 2009;19:1605-11.
4. Fried M, Yumuk V, Oppert JM, et al. Interdisciplinary European guidelines on metabolic and bariatric surgery. *Obes Surg.* 2014;24:42-55.
5. Szold A, Bergamaschi R, Broeders I, et al. European association of endoscopic surgeons (EAES) consensus statement on the use of robotics in general surgery. *Surg Endosc.* 2015;29:253-88.
6. Gill RS, Al-Adra DP, Birch D, et al. Robotic-assisted bariatric surgery: a systematic review. *Int J Med Robot.* 2011;7:249-55.
7. Markar SR, Penna M, Hashemi M. Robotic bariatric surgery: bypass, band and sleeve. Where are we now? And what is the future? *Minerva Gastroenterol Dietol.* 2012;58:181-90.
8. Buchs NC, Pugin F, Chassot G, et al. Robot-assisted Roux-en-Y gastric bypass for super obese patients: a comparative study. *Obes Surg.* 2013;23:353-7.
9. Fourman MM, Saber AA. Robotic bariatric surgery: a systematic review. *Surg Obes Relat Dis.* 2012;8:483-8.
10. Cirocchi R, Boselli C, Santoro A et al. Current status of robotic bariatric surgery: a systematic review. *BMC Surgery* 2013;13:53-57.
11. Bailey J, Hayden J, Davis P. Et al. Robotic versus laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass (RYGB) in obese adults ages 18 to 65 years: a systematic review and economic analysis. *Surg Endosc* 2014;28:414-426.
12. Bailey JG, Hayden JA, Davis PJ, Liu RY, Haardt D, Ellsmere J. Robotic versus laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass (RYGB) in obese adults ages 18 to 65 years: a systematic review and economic analysis. 2014;28:414-26.
13. Vilallonga R, Fort JM, Caubet E, Gonzalez O, Armengol M. Robotic sleeve gastrectomy versus laparoscopic sleeve gastrectomy: a comparative study with 200 patients. *Obes Surg.* 2013;23:1501-7.
14. Romero RJ, Kosanovic R, Rabaza JR, et al. Robotic sleeve gastrectomy: experience of 134 cases and comparison with a systematic review of the laparoscopic approach. *Obes Surg.* 2013;23:1743-52.
15. Vilallonga R, Fort JM, Gonzalez O, et al. The Initial Learning Curve for Robot-Assisted Sleeve Gastrectomy: A Surgeon's Experience While Introducing the Robotic Technology in a Bariatric Surgery Department. *Minim Invasive Surg.* 2012;2012:347131. doi: 10.1155/2012/347131.
16. Kim K, Hagen ME, Buffington C. Robotics in advanced gastrointestinal surgery: the bariatric experience. *Cancer J.* 2013;19:177-82.
17. Wilson EB, Sudan R. The evolution of robotic bariatric surgery. *World J Surg.* 2013;37:2756-60.
18. Bindal V, Gonzalez-Heredia R, Elli EF. Outcomes of Robot-Assisted Roux-en-Y Gastric Bypass as a Reoperative Bariatric Procedure. *Obes Surg.* 2015 ;25:1810-5.
19. Vilallonga R, Fort JM, Caubet E, et al. Robotically assisted Single Anastomosis Duodeno-Ileal Bypass (SADI) after previous Sleeve Gastrectomy (SG): implementing high valuable technology for complex procedures, *Journal of obesity.* (2015) *Empub ahead of print.*
20. Vilallonga R, López Cano M, Armengol Carrasco M. Robotics and the surgery within the reach of virtual hands. *Cir Esp.* 2007;82:313.

Cirugía robótica colorrectal

M GÓMEZ RUIZ, C CAGIGAS FERNÁNDEZ, J ALONSO MARTÍN, J DEL CASTILLO DIEGO,
M GÓMEZ FLEITAS

*Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital Universitario Marqués de Valdecilla.
Santander. Cantabria*

Correspondencia: marcogomez@humv.es

RESUMEN

La cirugía mínimamente invasiva se ha consolidado en los últimos años como vía de elección para el tratamiento de una gran mayoría de los pacientes con patología colorrectal. Los diferentes desarrollos tecnológicos, como el que representa la instrumentación robótica, pueden conllevar una mejoría en el grado de agresión y la precisión quirúrgica, mejorando los resultados preoperatorios y a largo plazo. En este capítulo presentamos una revisión de la bibliografía actual, haciendo referencia a las posibles ventajas o inconvenientes de la cirugía robótica para la realización de resecciones fundamentalmente oncológicas de colon y recto observados en los diferentes artículos.

Palabras clave: cirugía, robótica, colon, recto.

INTRODUCCIÓN

La cirugía mínimamente invasiva se ha consolidado en la cirugía colorrectal como abordaje de elección en una gran mayoría de los pacientes. Existen múltiples estudios de gran calidad científica que soportan las ventajas de la cirugía laparoscópica del colon respecto a la cirugía abierta¹⁻³. Sin embargo, a pesar de las ventajas demostradas, la tasa de implementación no supera cotas del 50%, hecho que se encuentra en relación con la mayor exigencia técnica y la necesidad de un entrenamiento costoso. La cirugía laparoscópica ha tenido tradicionalmente algunas limitaciones como la visión bidimensional, la limitación de los movimientos de los instrumentos quirúrgicos, la amplificación de los temblores fisiológicos y el efecto "fulcrum", que contribuyen a esta dificultad.

La introducción de la tecnología robótica puede evitar muchos de estos problemas, disminuyendo la

fatiga del cirujano por su indudable mejor ergonomía⁴. Uhrich y colaboradores han demostrado que las posiciones no naturales durante la laparoscopia contribuyen a la fatiga del cirujano y a las lesiones iatrogénicas⁵.

El primer artículo publicado de cirugía colorrectal utilizando el sistema Da Vinci[®] fue de Weber y colaboradores que realizaron una hemicolectomía derecha y una sigmoidectomía por enfermedad benigna del colon⁶.

En 2004, D'Annibale y colaboradores⁷, publicaron los resultados obtenidos en 53 pacientes tratados con cirugía colorrectal robótica, 22 de ellos tratados por patología oncológica. Concluyeron que los resultados operatorios y postoperatorios fueron comparables a los que se podían obtener con los instrumentos laparoscópicos convencionales. Casi simultáneamente, en Alemania, se realizaron 5 cirugías robóticas colorrectales⁸. El primer artículo en el que se publicó una cirugía rectal robótica fue realizado por Pigazzi y colaboradores en 2006⁹. Estos mismos autores reportaron la primera serie consecutiva de 39 pacientes con cáncer de recto, concluyendo que la técnica era factible y segura¹⁰.

Desde los primeros casos comunicados hace casi 10 años, el robot Da Vinci[®] ha tenido diferentes desarrollos con nuevos modelos que incluyen un cuarto brazo robótico y, más recientemente, la posibilidad de disponer de instrumentación para cirugía de puerto único o de utilizar la técnica de fluorescencia que permite valorar mejor el estado de vascularización de los extremos intestinales en las zonas de transección o de anastomosis. El número de centros en el mundo que desarrollan esta cirugía en el recto está aumentando, pero muchos de ellos están en la fase de curva de aprendizaje o en fase de consolidación de la implanta-

ción de esta técnica, siendo todavía muy pocos los que tienen una suficiente experiencia acumulada.

CIRUGÍA ROBÓTICA DEL COLON

Existe un menor desarrollo en la utilización de la cirugía robótica para el tratamiento de la patología del colon. En principio, tendría las mismas ventajas que cualquier cirugía mínimamente invasiva respecto a la cirugía abierta y, respecto a la cirugía laparoscópica convencional podría aportar una menor tasa de conversión, una mayor facilidad para la realización de técnicas de anastomosis intracorpórea y evitar márgenes afectos en procedimientos para tumores localmente avanzados. Sin embargo, existen pocos trabajos en la literatura científica que evalúen estas potenciales ventajas de la cirugía robótica. Un estudio de revisión sistemática publicado en 2013¹¹ muestra que la cirugía robótica del colon es una técnica segura, factible y con resultados oncológicos comparables a los de la cirugía laparoscópica convencional, con tiempos operatorios y costes superiores; los autores señalan que son necesarios más estudios para obtener conclusiones más significativas.

En un metanálisis reciente¹², que incluye siete estudios de cirugía de colon con un total de 234 pacientes robóticos y 415 laparoscópicos, se concluye que en el grupo de cirugía robótica hay una menor necesidad de transfusiones sanguíneas, una menor tasa de complicaciones, un menor tiempo de íleo y una menor estancia postoperatoria, aunque con tiempos quirúrgicos más prolongados. No existen deferencias en la tasa de conversión en este estudio. Sin embargo, los autores reconocen los sesgos de dispersión, heterogeneidad de los estudios y los diferentes tamaños muestrales.

En otro metanálisis publicado en este año 2015¹³ comparativo de colectomía derecha robótica *vs* laparoscópica con 8 artículos considerados y 616 pacientes incluidos llegan a las mismas conclusiones que en el estudio anterior. Además, los autores ponen de manifiesto los mismos sesgos que el estudio anterior y hacen hincapié en la heterogeneidad de las técnicas de anastomosis realizadas: manual y/o mecánica intracorpórea o extracorpórea. En conclusión, faltan estudios con tamaños muestrales suficientes, randomizados y con resultados a largo plazo que demuestren o no las ventajas potenciales del abordaje robótico en la cirugía del colon.

CIRUGÍA ROBÓTICA DEL RECTO

Hasta muy recientemente no ha habido suficiente evidencia científica en referencia a las ventajas de la

cirugía laparoscópica del recto, a pesar de tener esta técnica un desarrollo de cerca de 25 años^{14,15}.

En una revisión de la literatura científica actual podemos resumir que: existen datos de que la cirugía rectal robótica es una técnica factible y segura^{10,16,17}. Algunos trabajos apuntan a que existe un menor consumo preoperatorio de hemoderivados^{10,18}. En general, la mayoría de los autores concluyen que el tiempo operatorio es mayor que con la técnica abierta y laparoscópica, pero sin duda estos tiempos se reducen significativamente cuando se ha superado la curva de aprendizaje que Byrn ha estimado en el umbral de más de 40-50 casos¹⁹. Las tasas de conversión en cirugía robótica son menores que en la cirugía laparoscópica con cifras entre el 0 y el 8%^{10,20-23}.

Existen publicaciones que apuntan a una tasa menor de complicaciones quirúrgicas graves, incluso tratando pacientes con neoplasias localmente avanzadas²⁰ y otras presentan estancias hospitalarias más bajas^{21,24-26}.

En cuanto a los resultados oncológicos, la mayoría de los estudios publicados apuntan a una calidad del espécimen quirúrgico y una tasa de supervivencia libre de enfermedad a largo de plazo similares a las obtenidas en pacientes tratados mediante cirugía laparoscópica convencional^{25,26}.

Respecto a los resultados funcionales, se ha publicado una reducción significativa de cirugía con estomas definitivos en estudios comparativos con la cirugía laparoscópica²⁷ y una mejor función urogenital postoperatoria^{17,28}.

Aunque aún están pendientes de publicarse, recientemente se han comunicado en reuniones científicas (Boston ASCRS 2015, Bucarest EAES 2015) los resultados a corto plazo del estudio multicéntrico randomizado y prospectivo ROLARR (*Robotic versus Laparoscopic Resection for Rectal Cancer*) en los que se objetivan resultados similares del grupo de cirugía robótica y laparoscópica, con menor tasa de conversión en el grupo robótico. Otro de los datos que refleja este estudio es la limitada experiencia en cirugía robótica de muchos de los cirujanos participantes.

Con el fin de aumentar la seguridad del paciente y acortar la curva de aprendizaje de los cirujanos que se inicien en el uso de esta tecnología para el tratamiento de la patología colorrectal, se ha creado la EARCS (European Academy for Robotic Colorectal Surgery: www.earcs.pt). Esta academia es una iniciativa europea que pretende estructurar el entrenamiento de la técnica quirúrgica, desarrollar entrenamientos supervisados por cirujanos expertos en cirugía robótica y crear evidencia respecto a los beneficios o inconvenientes del uso de la cirugía robótica colorrectal.

Uno de los aspectos negativos que se achacan a la cirugía robótica colorrectal en la actualidad es el mayor costo del uso de esta tecnología. El análisis de los costes puede variar dependiendo de los criterios de análisis que se usen. El proceso del cáncer de recto es muy largo y el análisis cambia de reducirlo al periodo preoperatorio, o ampliarlo a cinco años, a las características del sistema sanitario y de limitarlo a los resultados clínicos o valorar la calidad de vida. No existen todavía estudios concluyentes sobre el análisis de los costes.

Delaney y colaboradores²⁹ reportaron un incremento significativo de los costes hospitalarios con la cirugía robótica colorrectal: 2.946 dólares para los procedimientos laparoscópicos vs 3.721,5 dólares para los procedimientos robóticos, a expensas fundamentalmente de los costes intraoperatorios.

Sin embargo, Rawlings y colaboradores³⁰ no encontraron diferencias estadísticamente significativas, analizando los costes intraoperatorios en material quirúrgico, personal y costes del tiempo quirúrgico.

Un estudio de Baek y colaboradores³¹ comparando 154 pacientes de cirugía robótica del recto y 150 de cirugía laparoscópica concluye que los costes preoperatorios son más altos en el grupo robótico, pero reconoce que deben realizarse estudios de coste-efectividad evaluando los resultados a largo plazo, tanto oncológicos como funcionales.

En este tiempo el desarrollo y evaluación de nuevas técnicas quirúrgicas en el cáncer de recto como la proctectomía transanal combinada con la laparoscopia^{32,33} e incluso la proctectomía transanal robótica³⁴ añaden nuevas perspectivas de innovación y aplicación clínica complicando aún más la evaluación científica de cuál será la técnica quirúrgica de elección.

Como vemos, la cirugía robótica del cáncer de recto presenta ventajas potenciales respecto a la cirugía laparoscópica, las cuales parecen ser más significativas que en la cirugía del colon. No obstante, todavía es necesario continuar investigando en este campo para poder demostrar estas ventajas mediante estudios bien diseñados. En cualquier caso, en nuestra opinión, el desarrollo tecnológico futuro que refinará las técnicas quirúrgicas pasará por el cambio paradigmático que supone la tecnología robótica en la cirugía mínimamente invasiva consolidada con nuevos modelos de robots, que exploten sus potenciales ventajas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fleshman J, Sargent DJ, Green E, Anvari M, Stryker SJ, Beart RW, et al. Laparoscopic colectomy for cancer is not inferior to open surgery based on 5-year data from the COST Study Group trial. *Ann Surg* 2007;246:655-62;discussion 62-4.
2. Veldkamp R, Kuhry E, Hop WC, Jeekel J, Kazemier G, Bonjer HJ, et al. Laparoscopic surgery versus open surgery for colon cancer: short-term outcomes of a randomised trial. *Lancet Oncol* 2005;6:477-84.
3. Jayne DG, Guillou PJ, Thorpe H, Quirke P, Copeland J, Smith AM, et al. Randomized trial of laparoscopic-assisted resection of colorectal carcinoma: 3-year results of the UK MRC CLASICC Trial Group. *J Clin Oncol* 2007;25:3061-8.
4. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, Meyers WC. Robotic surgery: a current perspective. *Ann Surg* 2004;239:14-21.
5. Uhrich ML, Underwood RA, Standeven JW, Soper NJ, Engsborg JR. Assessment of fatigue, monitor placement, and surgical experience during simulated laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 2002;16:635-9.
6. Weber PA, Merola S, Wasielewski A, Ballantyne GH. Telerobotic-assisted laparoscopic right and sigmoid colectomies for benign disease. *Dis Colon Rectum* 2002;45:1689-94; discussion 95-6.
7. D'Annibale A, Morpurgo E, Fiscon V, Trevisan P, Sovernigo G, Orsini C, et al. Robotic and laparoscopic surgery for treatment of colorectal diseases. *Dis Colon Rectum* 2004;47:2162-8.
8. Braumann C, Jacobi CA, Menenakos C, Borchert U, Rueckert JC, Mueller JM. Computer-assisted laparoscopic colon resection with the Da Vinci system: our first experiences. *Dis Colon Rectum* 2005;48:1820-7.
9. Pigazzi A, Ellenhorn JD, Ballantyne GH, Paz IB. Robotic-assisted laparoscopic low anterior resection with total mesorectal excision for rectal cancer. *Surg Endosc* 2006;20:1521-5.
10. Baek JH, McKenzie S, Garcia-Aguilar J, Pigazzi A. Oncologic outcomes of robotic-assisted total mesorectal excision for the treatment of rectal cancer. *Ann Surg* 2010;251:882-6.
11. Fung AK, Aly EH. Robotic colonic surgery: is it advisable to commence a new learning curve? *Dis Colon Rectum* 2013;56:786-96.
12. Xu HLJ, Sun Y, Li Z, Zhen Y, Wang B, Xu Z. Robotic versus laparoscopic right colectomy: a meta-analysis. *World J Surg Onc* 2014;12:274.
13. Rondelli FBR, Villa F, Guerra A, Avenia N, Mariani E, Bugiantella W. Is robot-assisted laparoscopic right colectomy more effective than the conventional laparoscopic procedure? A meta-analysis of short-term outcomes. *Int J Surg* 2015;18:75-82.
14. Martijn HGM, van der Pas EH, Cuesta MA, Fürst A, Lacy AM, Wim CJH, et al, for the Colorectal cancer, Group* LoORICIS. Laparoscopic versus open surgery for rectal cancer (COLOR II) short-term outcomes of a randomised, phase 3 trial. *Lancet Oncol* 2013;14:210-18.
15. Bonjer HJDC, Abis GA, Cuesta MA, van der Pas MH, de Lange-de Klerk ES, Lacy AM, et al; COLOR II Study Group. A randomized trial of laparoscopic versus open surgery for rectal cancer. *N Engl J Med*. 2015;14:1324-32.
16. Kwak JMKS, Kim J, Son DN, Baek SJ, Cho JS. Robotic vs laparoscopic resection of rectal cancer: short-term outcomes of a case-control study. *Dis Colon Rectum* 2011;54:151-6.
17. Xiong B, Ma L, Zhang C, Cheng Y. Robotic versus laparoscopic total mesorectal excision for rectal cancer: a meta-analysis. *J Surg Res* 2014;188:404-14.
18. Biffi R, Luca F, Pozzi S, Cenciarelli S, Valvo M, Sonzogni A, et al. Operative blood loss and use of blood products after full robotic and conventional low anterior resection with total mesorectal excision for treatment of rectal cancer. *J Robot Surg* 2011;5:101-7.
19. Byrn JC, Hrabe JE, Charlton ME. An initial experience with 85 consecutive robotic-assisted rectal dissections: improved

- operating times and lower costs with experience. *Surg Endosc* 2014;28:3101-7.
20. Shiomi A, Kinugasa Y, Yamaguchi T, Tomioka H, Kagawa H. Robot-assisted rectal cancer surgery: short-term outcomes for 113 consecutive patients. *Int J Colorectal Dis* 2014;29:1105-11.
 21. Fernández R, Anaya DA, Li LT, Orcutt ST, Balentine CJ, Awad SA, et al. Laparoscopic versus robotic rectal resection for rectal cancer in a veteran population. *Am J Surg* 2013;206:509-17.
 22. Trastulli S, Farinella E, Cirocchi R, Cavaliere D, Avenia N, Sciannameo F, et al. Robotic resection compared with laparoscopic rectal resection for cancer: systematic review and meta-analysis of short-term outcome. *Colorectal Dis* 2012;14:e134-56.
 23. Ortiz-Oshiro E, Sanchez-Egido I, Moreno-Sierra J, Perez CF, Diaz JS, Fernandez-Represa JA. Robotic assistance may reduce conversion to open in rectal carcinoma laparoscopic surgery: systematic review and meta-analysis. *Int J Med Robot Comp* 2012;8:360-70.
 24. Casillas MAJ, Leichtle SW, Wahl WL, Lampman RM, Welch KB, Wellock T, et al. Improved perioperative and short-term outcomes of robotic versus conventional laparoscopic colorectal operations. *Am J Surg* 2014;208:33-40.
 25. Park EJ, Cho MS, Baek SJ, Hur H, Min BS, Baik SH, et al. Long-term oncologic outcomes of robotic low anterior resection for rectal cancer: a comparative study with laparoscopic surgery. *Ann Surg* 2015;261:129-37.
 26. Saklani AP, Lim DR, Hur H, Min BS, Baik SH, Lee KY, et al. Robotic versus laparoscopic surgery for mid-low rectal cancer after neoadjuvant chemoradiation therapy: comparison of oncologic outcomes. *Int J Colorectal Dis* 2013;28:1689-98.
 27. Kuo LJ, Lin YK, Chang CC, Tai CJ, Chiou JF, Chang YJ. Clinical outcomes of robot-assisted intersphincteric resection for low rectal cancer: comparison with conventional laparoscopy and multifactorial analysis of the learning curve for robotic surgery. *Int J Colorectal Dis* 2014;29:555-62.
 28. Luca F, Valvo M, Ghezzi TL, Zuccaro M, Cenciarelli S, Trovato C, et al. Impact of robotic surgery on sexual and urinary functions after fully robotic nerve-sparing total mesorectal excision for rectal cancer. *Ann Surg* 2013;257:672-8.
 29. Delaney CP LA, Senagore AJ, Fazio VW. Comparison of robotically performed and traditional laparoscopic colorectal surgery. *Dis Colon Rectum* 2003;46:1633-9.
 30. Rawlings AL, Woodland JH, Vegunta RK, Crawford DL. Robotic versus laparoscopic colectomy. *Surg Endosc* 2007;21:1701-8.
 31. Baek SJ, Kim SH, Cho JS, Shin JW, Kim J. Robotic versus conventional laparoscopic surgery for rectal cancer: a cost analysis from a single institute in Korea. *World J Surg* 2012;36:2722-9.
 32. Fernandez-Hevia M, Delgado S, Castells A, Tasende M, Momblan D, Díaz del Gobbo G, et al. Transanal total mesorectal excision in rectal cancer: short-term outcomes in comparison with laparoscopic surgery. *Ann Surg* 2015;261:221-7.
 33. Tuech JJ, Karoui M, Lelong B, De Chaisemartin C, Bridoux V, Manceau G, et al. A step toward NOTES total mesorectal excision for rectal cancer: endoscopic transanal proctectomy. *Ann Surg* 2015;261:228-33.
 34. Gómez Ruiz M, Parra IM, Palazuelos CM, Martín JA, Fernández CC, Diego JC, et al. Robotic-assisted laparoscopic transanal total mesorectal excision for rectal cancer: a prospective pilot study. *Dis Colon Rectum* 2015;58:145-53.

Cirugía robótica hepato-bilio-pancreática

Y QUIJANO, E VICENTE, B IELPO, H DURAN, R CARUSO

Hospital Universitario Madrid Sanchinarro. Centro Oncológico Clara Campal. Madrid
Universidad San Pablo. CEU. Facultad de Medicina

Correspondencia: emilvic@bitmailer.net

RESUMEN

La cirugía hepato-bilio-pancreática requiere un alto grado de especialización. Su realización con técnicas mínimamente invasivas está teniendo un lento aunque progresivo desarrollo por la dificultad de los procedimientos a realizar y por las dudas que se planteaban con los resultados obtenidos en los diferentes procesos oncológicos a tratar. La cirugía mejora muchas de las limitaciones de la CL convencional. Las primeras descripciones de cirugía robótica hepato-bilio-pancreática se efectuaron en el año 2003. Desde entonces, su expansión se ha ido produciendo pero siempre dentro de grupos muy seleccionados. Las características generales del sistema con una plataforma estable y de los instrumentos articulados que ofrecen una gran precisión en los movimientos, asociado a una excelente visión tridimensional. La combinación de todas estas características permite una disección precisa de los tejidos, facilita las suturas intracorpóreas y mejora las posibilidades de control del sangrado intraoperatorio.

El objetivo del presente capítulo es revisar los principales aspectos relacionados con el abordaje robótico de la patología hepato-bilio-pancreática a través de la experiencia de los autores en esta área de la cirugía.

Palabras clave: cirugía robótica, cirugía hepática, cirugía biliar, cirugía pancreática.

INTRODUCCIÓN

La cirugía laparoscópica (CL) ha modificado muchos de los principios básicos en la especialidad de cirugía general. Sus beneficios son sobradamente conocidos: menor estancia hospitalaria, un post-operatorio más confortable, una mejor y más rápida recuperación, así como importantes ventajas estéticas. Igualmente, la

seguridad y los resultados obtenidos a corto, medio y largo plazo en el tratamiento de procesos tumorales no se han visto alterados con este tipo de abordaje quirúrgico¹.

A pesar de estos beneficios, la CL ofrece algunas limitaciones relacionadas con las propias características de la técnica: ausencia de sensación táctil, imagen en dos dimensiones, limitación de los movimientos de la instrumentación y, finalmente, como consecuencia de todo ello una prolongada curva de aprendizaje para poder efectuar cirugías complejas^{2,3}.

La cirugía hepato-bilio-pancreática requiere un alto grado de especialización. Los mejores resultados se obtienen en instituciones con un alto volumen de pacientes y, en consecuencia, con una importante actividad. Su realización con técnicas mínimamente invasivas (CMI), especialmente laparoscópicas, está teniendo un lento aunque progresivo desarrollo por la dificultad de los procedimientos a realizar y por las dudas que se planteaban con los resultados obtenidos en los diferentes procesos oncológicos a tratar. En los últimos cinco años esta experiencia ha ido incrementándose de forma progresiva, obteniendo buenos resultados en términos de morbi-mortalidad post-operatoria y tasa de conversión^{4,5,6}.

La cirugía robótica (CR) mejora claramente muchas de las limitaciones de la CL. Las primeras descripciones de cirugía robótica hepato-bilio-pancreática se efectuaron en el año 2003. Desde entonces, su expansión se ha ido produciendo pero siempre dentro de grupos muy seleccionados. Las características generales del sistema con una plataforma estable y de los instrumentos articulados que ofrecen una gran precisión en los movimientos, asociado a una excelente visión tridimensional con magnificación del campo quirúrgico han facilitado la citada expansión. La combinación

de todas estas características permite una disección muy precisa de los tejidos, facilita las suturas intracorpóreas, incluso las microsuturas y facilita el control del sangrado intraoperatorio^{7,8}.

El objetivo del presente artículo es evaluar la experiencia adquirida en nuestro hospital con la CR en el área hepato-bilio-pancreática.

MATERIAL Y MÉTODOS

El programa de CR de nuestro hospital se inició en 2010. Desde esta fecha hasta la actualidad, se han realizado 240 procedimientos en CR, de los cuales 71 corresponden a cirugía hepato-bilio-pancreática (50 procedimientos y 22 hepáticos).

Estudio preoperatorio

Todos los pacientes con patología hepática fueron estudiados mediante ecografía abdominal, TAC trifásico tóraco-abdominal, PET-TAC y resonancia magnética nuclear (RMN) o colangio-resonancia. En los casos de patología pancreática se realizó RMN y eco-endoscopia con punción diagnóstica.

Técnica quirúrgica

Resecciones hepáticas

Con el paciente en decúbito supino, la mesa quirúrgica fue colocada en posición de anti-Trendelenburg, con ligera inclinación de 30° hacia el lado izquierdo o derecho según el tipo de hepatectomía. La colocación del trocar yuxtaumbilical para la introducción de la cámara de 30°, facilitó la colocación de tres trocres robóticos "en forma de sonrisa" desde la porción más lateral del hipocondrio derecho al izquierdo. Dos trocres auxiliares de 10 y 12 mm fueron colocados en las resecciones hepáticas mayores, en ambos vacíos para la tracción de órganos, aspiración del campo quirúrgico, uso de ecografía intraoperatoria e introducción de endograpadoras. La entrada del robot en el campo quirúrgico fue a través de la cabeza del paciente. La técnica quirúrgica robótica efectuada⁹ fue muy similar a la habitualmente realizada en cirugía abierta o laparoscópica. En las **figuras 1-3** se muestran distintas maniobras técnicas realizadas durante la hepatectomía robótica.

Resecciones pancreáticas

Para la realización de una duodenopancreatectomía cefálica, el paciente fue colocado con una ligera inclinación hacia el lado izquierdo. El robot fue situado en

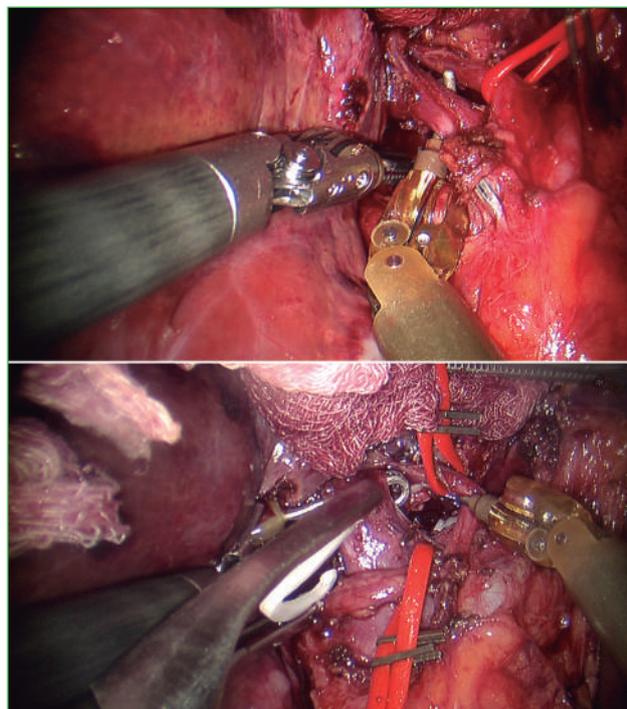


Figura 1. Identificación y sección de vena porta derecha.

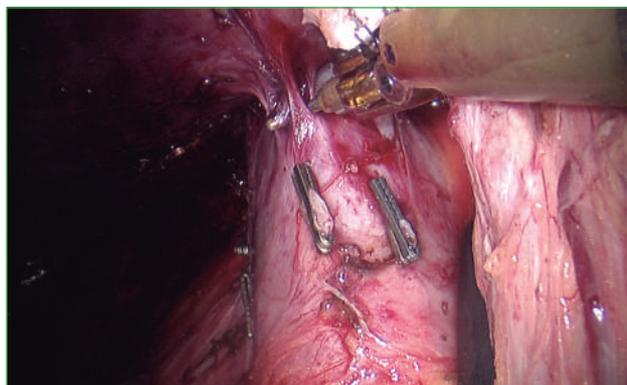


Figura 2. Liberación de vena cava inferior retrohepática.

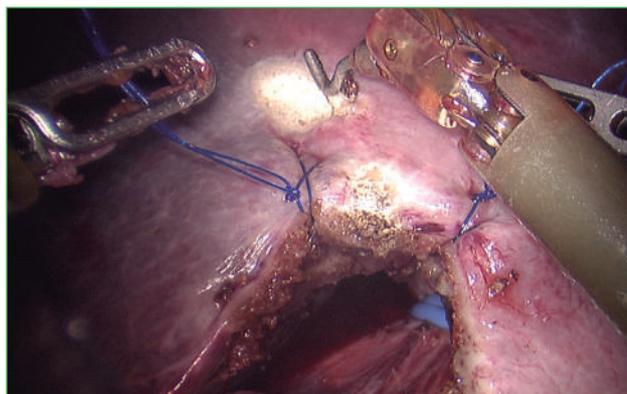


Figura 3. Inicio de transección hepática.

la cabeza del paciente y el cirujano ayudante se posicionó entre las piernas del enfermo. El trocar para la cámara se introdujo infraumbilicalmente en región pararrectal derecha con el objeto de tener una adecuada exposición al cuello pancreático y eje vascular mesentérico-portal. Los trocates robóticos se situaron en forma de sonrisa y los dos auxiliares en posición más caudal. En todo momento se intentó efectuar la cirugía de forma similar a la que convencionalmente efectuamos por vía abierta o laparoscópica⁹. En todos los enfermos el procedimiento efectuado fue totalmente robótico con realización de anastomosis intracorpóreas de la reconstrucción pancreato, hepático y gastro-yeyunal. En las figuras 4 y 5 se detalla la sección de la arteria gastroduodenal y la disección del eje mesentérico portal durante la duodenopancreatectomía cefálica robótica.

Seguimiento postoperatorio

Las complicaciones postoperatorias fueron recogidas durante los primeros 60 días del citado periodo.

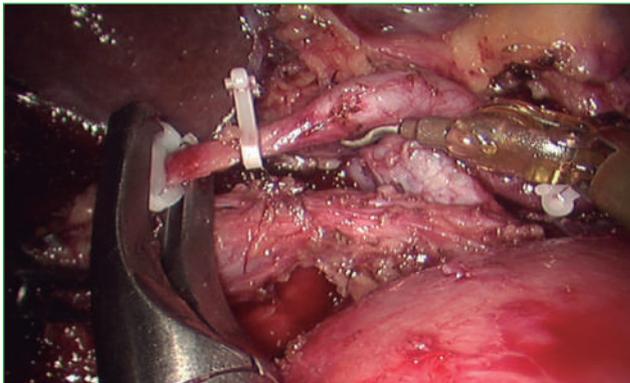


Figura 4. Disección de arteria gastroduodenal.

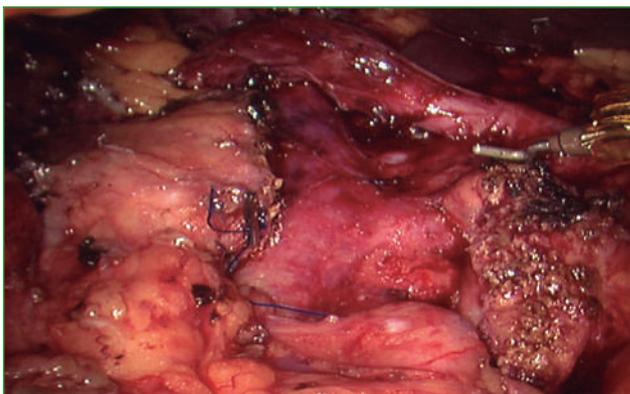


Figura 5. Visualización del eje espleno-mesenterico-portal tras sección del istmo pancreático.

Fueron definidas según la clasificación de Dindo-Clavien¹⁰. El fallo hepático tras la resección parenquimatosa y la fistula biliar fueron evaluados igualmente según la definición del International Study Group of Liver Surgery¹¹. La definición de fistula pancreática se basó en el criterio establecido por el grupo para el estudio de la fístula pancreática¹².

Variables

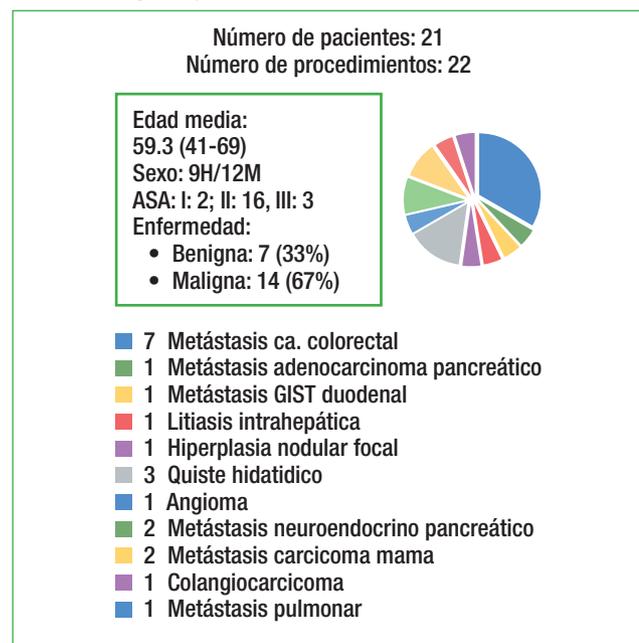
Los datos demográficos, datos preoperatorios, intraoperatorios y postoperatorios fueron recogidos de nuestra base de datos de cirugía robótica hepática y pancreática, así como las características del proceso tumoral, tipo de resección hepática o pancreática, tiempo quirúrgico, procedimientos asociados, hemorragia intraoperatoria, necesidad de transfusión, conversión a cirugía abierta, complicaciones postoperatorias, datos anatomopatológicos, mortalidad y evolución del enfermo.

Resultados

Cirugía hepática

Desde junio del año 2011 a octubre de 2014, un total de 22 procedimientos se han realizado en 21 pacientes. Estas resecciones se efectuaron en 9 mujeres y 12 hombres. Un 67% de las técnicas hepáticas robóticas se efectuaron en procesos médicos malignos (Tabla 1). Las citadas técnicas están descritas en la Tabla 2.

Tabla 1. Cirugía hepática robótica



A tres pacientes (14%) se les efectuó otros procedimientos quirúrgicos; pancreatometomía distal, resección de GIST duodenal y enucleación de tumor neuroendocrino pancreático.

El tiempo medio operatorio fue de 282 minutos (120-660). La tasa de conversión y los requerimientos transfusionales que fueron mayores en resecciones mayores, son descritos igualmente en la **Tabla 3**. Solo un enfermo (4,5%) al que se le realizó hepatectomía izquierda con resección de vía biliar preciso conversión a cirugía abierta por sangrado difuso.

Complicaciones postoperatorias aparecieron en tres pacientes (13%). Según la clasificación de Clavien-Dindo, ningún paciente tuvo complicaciones grado I, dos enfermos tuvieron complicaciones grado II y un grado IIIa. No hubo necesidad de efectuar reintervenciones quirúrgicas. No hubo mortalidad durante el periodo de tiempo que consideramos postoperatorio: 60 días tras la realización de la cirugía. La media de hospitalización fue de 13 días. El paciente al que se le efectuó una bipartición hepática con ligadura de la rama portal derecha

en dos diferentes tiempos quirúrgicos permaneció ingresado en el hospital hasta completar ambos procedimientos (**Tabla 3**). En todos los enfermos intervenidos por procesos malignos se obtuvieron márgenes libres.

Cirugía pancreática

Los datos demográficos y las técnicas efectuadas se muestran en la **Tabla 4**. La edad media fue de 58 años (24-82). La relación entre los sexos de los pacientes intervenidos fue muy equilibrada: 66% de los enfermos tuvieron procesos tumorales malignos (**Tablas 4 y 5**). El adenocarcinoma de páncreas fue la indicación más frecuente. La que es considerada como resección pancreática mayor, duodenopancreatometomía cefálica, precisó de un mayor tiempo quirúrgico, así como de mayores requerimientos transfusionales (**Tabla 6**). Seis enfermos requirieron conversión a cirugía abierta. La principal causa fue la mala tolerancia al neumono-

Tabla 2. Cirugía hepática robótica

Procedimientos
• Hepatectomía derecha 1
• Hepatectomía izquierda 1
• Hepatectomía izquierda con resección vía biliar 1
• Bipartición hepática con ligadura de vena porta derecha 1 (1º y 2º tiempo)
• Bisegmentectomías 3
• Segmentectomías 3
• Resección atípica (metastasesectomías) 8
• Periquistectomía total (quiste cerrado) 3

Tabla 3. Cirugía hepática robótica

Resultados	
Resección RO	100 %
Tasa de conversión	1/22 (4.5%)
Media tiempo quirúrgico	282 min (120-660)
Media requerimientos transfusionales	119 ml (0-800)
Tamaño tumoral	4.24 cm (1-10)
Estancia hospitalaria media	13.4 días (5-23)
Morbilidad	3 (13%)
	• Abceso (2) • Fístula biliar (1)
Clasificación de clavien	• II: 2 • IIIa: 1
	Mortalidad

Tabla 4. Cirugía hepática robótica

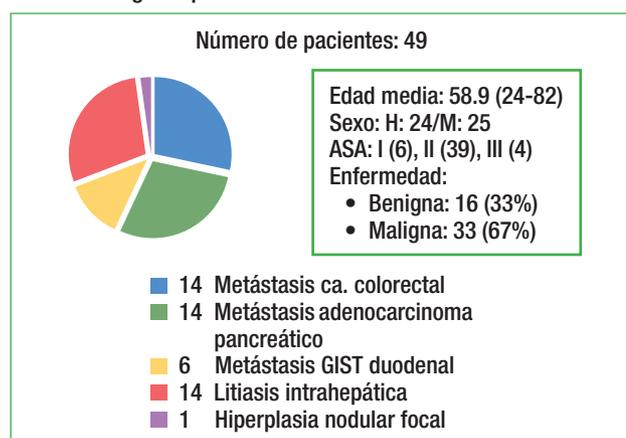


Tabla 5. Cirugía hepática robótica

Procesos médicos	
Tumores neuroendocrinos	15
Adenocarcinoma de páncreas	17
Cistoadenoma mucinoso	6
Cistoadenoma seroso	3
Neoplasia mucinosa papilar intraductal	4
Ampuloma	1
Malformación vascular	1
Pancreatitis crónica	1
Linfoma	1

peritoneo. En un enfermo se visualizó invasión del eje espleno-mesentérico portal durante el acto quirúrgico, hallazgo no visualizado en las diferentes pruebas diagnósticas realizadas preoperatoriamente (Tabla 7).

No hubo mortalidad postoperatoria. Once pacientes (24%) presentaron complicaciones tras la CR. Cinco enfermos precisaron reintervenciones quirúrgicas por diferentes causas: fístula biliar (2), hemoperitoneo de punto de inserción de trocar (1), hemorragia del borde de sección (1) con fístula pancreática (1) asociada (Tabla 8).

La estancia media en la Unidad de Vigilancia Intensiva fue de 3 días y la hospitalaria, de 15 días. La citada estancia fue mayor tras la duodenopancreatectomía cefálica y la enucleación de tumores neuroendocrinos.

Tabla 6. Cirugía hepática robótica

Resultados	
Tiempo quirúrgico medio: 400 min (150-610)	
Duodenopancreatectomía	540 min
Pancreatectomía distal	300 min
Pancreatectomía distal con preservación esplénica	360 min
Enucleación	260 min
Pancreatectomía central	310 min
Requerimientos transfusionales: 0,5 (0-12)	
Duodenopancreatectomía	5
Pancreatectomía distal	0,4
Pancreatectomía distal con preservación esplénica	0,7
Enucleación	0,8
Pancreatectomía central	0

Tabla 7. Cirugía hepática robótica

Resultados	
Conversión: 6(12,6 %)	
Duodenopancreatectomía cefálica	3
• Mala tolerancia al neumoperitoneo	3
Pancreatectomía distal	2
• Invasión vascular	1
• Dificultad técnica	1
Pancreatectomía distal con preservación esplénica	0
Enucleación	1
• Dificultad de localización	1
Pancreatectomía central	0

En todos los enfermos intervenidos por procesos neofomativos se obtuvo una resección R0.

En la Tabla 9 se detalla la duración de la estancia hospitalaria de los pacientes sometidos a distintos tipos de pancreatectomía.

Tabla 8. Cirugía hepática robótica

Resultados	
Morbilidad: 11 (24 %)	Clasificación de clavian I: 2 (4,4 %) II: 21 (42,2%) IIIa: 13 (28,8 %) IIIb: 6 (13,3 %) IV: 5 (11.1 %)
Mortalidad: 0	
Reintervenciones: 5 (11.1 %)	
Duodenopancreatectomía cefálica	2
• Fístula biliar	2
Pancreatectomía distal	1
• Hemoperitoneo de trocar	1
Pancreatectomía distal con preservación esplénica	0
Enucleación	2
• Hemoperitoneo	1
• Fístula pancreática	1
Pancreatectomía central	0

Tabla 9. Cirugía hepática robótica

Resultados	
Estancia hospitalaria media: 15 días	
Estancia media UCI: 3 días	
Duodenopancreatectomía cefálica	
• Estancia en UCI	5
• Estancia hospitalaria	28
Pancreatectomía distal	
• Estancia en UCI	1
• Estancia hospitalaria	9
Pancreatectomía distal con preservación esplénica	
• Estancia en UCI	1
• Estancia hospitalaria	9
Enucleación	
• Estancia en UCI	2
• Estancia hospitalaria	11
Pancreatectomía central	
• Estancia en UCI	1
• Estancia hospitalaria	8

Discusión

Durante mucho tiempo la cirugía hepato-bilio-pancreática ha supuesto un importante reto para los cirujanos. La localización anatómica de los órganos, sus conexiones vasculares, la especial complejidad de los procedimientos y el riesgo de las complicaciones hemorrágicas fueron importantes argumentos para ello. Importantes avances técnicos y tecnológicos, los primeros de ellos asociados en muchas ocasiones al trasplante de órganos digestivos han permitido efectuar resecciones radicales mayores en esta área con excelentes resultados. Con estos avances, ha sido posible reproducir estas técnicas mediante CMI con similares resultados^{13,14}.

Desde la primera descripción de CR hepática hace más de 10 años, diferentes publicaciones han descrito estudios comparativos entre CL y CR en esta área¹⁵⁻¹⁷. En todos estos artículos se describe el menor tiempo requerido para obtener un adecuado grado de capacitación, especialmente en la resección de procesos tumorales malignos y en la realización de procedimientos complejos. Nuestra experiencia, todavía no muy amplia, es similar. Hemos realizado procedimientos hepáticos mayores, incluyendo entre los mismos los dos tiempos de una bipartición hepática con ligadura de vena porta, primer caso descrito en el mundo. Nuestro grupo tiene una especial particularidad. Si bien es cierto que cuando realizamos este complejo procedimiento, el número de cirugías hepáticas robóticas no era muy numeroso, la experiencia en cirugía hepática efectuada por vía abierta o laparoscópica era muy sólida, especialmente en la primera de ellas. Además, la ausencia de sectorización por patologías en nuestro servicio nos había permitido realizar hasta el momento de su realización, más de 200 complejas cirugías robóticas en el área esofago-gástrica, colo-rectal, pancreática y retroperitoneal. Sin duda, este aspecto nos facilitó la realización de esta compleja e innovadora técnica.

Los diferentes pasos de la cirugía exéretica mayor de hígado son bien conocidos: disección del ligamento hepato-duodenal, liberación de la vena cava inferior retrohepática, control del pedículo venoso superior y finalmente transección hepática. El sistema robótico facilita todos ellos. La excelente visión que ofrece, así como la precisión de la tecnología facilita la identificación y disección de las diferentes estructuras vasculo-biliares del hilio hepático, una excelente exposición de la región posterior del lóbulo derecho del hígado para el control de las pequeñas venas retrohepáticas y de la vena hepática del lóbulo a resecar y finalmente una gran facilidad para realizar suturas intracorpóreas

en los diferentes puntos sangrantes de la línea de transección hepática. Todos estos aspectos son muy importantes, especialmente cuando se realizan resecciones anatómicas lobares, cuando es preciso abordar lesiones localizadas en los segmentos posteriores del hígado o cuando resecamos tumores situados en íntima vecindad a importantes estructuras vasculares. En nuestra experiencia, siete pacientes tuvieron lesiones muy próximas al pedículo venoso superior y bifurcación portal. Obviamente, la CR no limita la utilización de la ecografía intraoperatoria para delimitar con seguridad la zona de corte en el parénquima con el objeto de evitar daños vasculares intraoperatorios, de siempre imprevisibles consecuencias, así como para obtener márgenes libres oncológicos. Nuestra experiencia en este último aspecto es muy similar a la descrita por otros autores^{16,18}.

El número de casos en los que se ha tenido que efectuar la conversión a cirugía abierta ha sido muy reducido (4,5%), cifra ligeramente inferior a otra descrita previamente, 7,8%¹⁹. Se valora que podría ser inferior a la que se tiene con CL²⁰.

Los tiempos quirúrgicos de nuestra serie están condicionados, no solo por la lógica curva de aprendizaje, sino también por el posicionamiento del robot que, aunque es cada vez más rápido dada la experiencia adquirida por el equipo, no deja de ser un factor que prolonga siempre la CR. La incorporación a nuestro hospital del sistema robótico de última generación (Xi) ha facilitado estas maniobras, acortando el mencionado tiempo quirúrgico. Este nuevo sistema también nos ha ofrecido una importante ventaja tecnológica: el uso de la inmunofluorescencia. Mediante su utilización de forma rutinaria, nos ha permitido asegurar los resultados de la cirugía oncológica, mediante la obtención de información del estado vascular del parénquima hepático remanente, así como la identificación de estructuras vasculares y conductos biliares intra y extra hepáticos en casos de importante complejidad técnica.

Con respecto a la cirugía pancreática, han transcurrido más de 20 años desde la primera descripción de cirugía pancreática laparoscópica²¹. Las técnicas más complejas de resección de páncreas, incluso aquellas que precisan una resección vascular combinada, se han podido excepcionalmente realizar con este abordaje en un reducido número de grupos^{22,23}. Sin embargo, el mayor número de procedimientos técnicos descritos han sido pancreatectomias distales con o sin preservación esplénica y enucleaciones²⁴; es decir, procedimientos en los que no se precisa una posterior reconstrucción del tracto digestivo. Aunque en esta etapa inicial de desarrollo de la CR va a ser muy difícil encontrar importantes ventajas de la misma con la

CL, estudios comparativos entre ambas en resecciones corporo-caudales han mostrado una ligera ventaja de la CR en términos de un menor consumo intraoperatorio de sangre, una menor estancia hospitalaria²⁵ y una menor tasa de conversión²⁶.

La duodenopancreatectomía cefálica o total y la pancreatectomía central son procedimientos en los que se requiere efectuar, en ocasiones, complejos tipos de reconstrucción digestiva. La consistencia del páncreas y el diámetro del conducto de Wirsung condicionan esta dificultad. Para un abordaje laparoscópico, esta fase quirúrgica suele tener casi siempre una importante dificultad. El inicio y desarrollo de la CR, con su atractiva tecnología, ha despertado un nuevo interés por el uso de la cirugía mínimamente invasiva en esta área. El motivo fundamental es poder efectuar la citada fase de reconstrucción con más facilidad y una mayor precisión. La excelente visión del sistema robótico y las características del instrumental articulado lo facilitan. Esta es en nuestra opinión, la mayor aportación de la CR a las técnicas de resección de páncreas.

La cirugía pancreática robótica representa en nuestro grupo la segunda indicación más frecuente de CR tras el área colo-rectal. Nuestro inicio se efectuó con las técnicas consideradas, al menos teóricamente menos complejas para posteriormente asumir los procedimientos de una mayor dificultad. Nuestra curva de aprendizaje se ha visto claramente facilitada por el elevado número de resecciones pancreáticas que se efectúan cada año en nuestro hospital, número que suele oscilar entre 65 y 80.

Uno de los mayores logros de la cirugía pancreática en los últimos años ha sido la sensible disminución de la mortalidad postoperatoria²⁷. Una amplia y continuada actividad en este tipo de cirugía facilita este objetivo. En nuestro grupo, la mortalidad de la resección cefálica pancreática es del 1,3%, mortalidad que se incrementa al 5% y 12% si se asocia una resección venosa o arterial y venosa, respectivamente. La CR debe mantener estos resultados. Su uso nunca debe representar un mayor riesgo para el paciente. En los 49 enfermos tratados no existió mortalidad postoperatoria.

El criterio de selección para CR es muy importante. En nuestra serie, la realización de la misma en pacientes con adenocarcinoma de páncreas ha sido numerosa. Una de las características de este proceso es la extensión perineural, extensión que suele afectar los principales ejes arteriales: tronco celiaco, arteria hepática común y propia y arteria mesentérica superior. La resección de todo el tejido linfo-graso y perineural es un paso obligado en un intento de obtener una resección R0. Esta afectación es difícil de valorar preoperatoriamente. La obligada realización de TAC helicoidal,

eco-endoscopia, PET-TAC y resonancia magnética no aprecia esta afectación, excepto en casos en los que es muy amplia. Desde el mes de noviembre del pasado año, la incorporación al estudio preoperatorio en nuestro hospital de un PET-resonancia tampoco ha facilitado más información sobre esta forma de diseminación tumoral. Cuando esta aparece, la disección de los ejes arteriales es siempre compleja. La CR no nos ha aportado en estos casos una gran ventaja para la citada disección arterial. De la misma, puede derivarse una importante, grave y en ocasiones dramática complicación postoperatoria, la aparición de un pseudoaneurisma arterial²⁸. Es por ello, por lo que en casos muy seleccionados²⁹, la resección arterial debe contemplarse como una opción terapéutica segura. La CR se ha podido incorporar a esta posibilidad técnica³⁰. Nuestra opinión, basada solo en la experiencia obtenida en el elevado número de pacientes en los que se efectúa de forma simultánea una resección pancreática asociada a una resección arterial o venosa por invasión tumoral de estas estructuras, resección que siempre hemos realizado por vía abierta, y la actividad desarrollada en el campo experimental con CR vascular es favorable a este avance. Creemos que la CR puede facilitar en el futuro la realización de técnicas de reconstrucción vascular. Para esta finalidad, el sistema robótico se comporta como un microscopio.

Las complicaciones de la reconstrucción del tracto digestivo suelen ser la mayor causa de morbilidad de la cirugía pancreática. De todas ellas, las derivadas de la anastomosis pancreato-yeyunal suelen revestir una importante gravedad. Un número no despreciable de fístulas pancreáticas suelen cursar de forma satisfactoria. La utilización de un doble asa yeyunal para el restablecimiento por un lado la continuidad gastro-enterica y, por otra, la reconstrucción bilio-pancreática suele facilitar su manejo una vez que esta ha aparecido, pero siempre que no se haya producido una dehiscencia de la anastomosis pancreato-yeyunal. La CR no elimina las complicaciones de la propia técnica, pero tampoco debe incrementarlas. Nuestra experiencia es similar a la obtenida por otros autores³¹.

En procedimientos de larga duración, se ha valorado los beneficios ergonómicos del sistema robótico^{7,8}. Si bien es cierto que el sistema elimina el temblor, también lo es que incluso a pesar de estar el cirujano en una situación considerada como más cómoda durante la operación, el cansancio del mismo no se reduce excesivamente en cirugías de larga duración.

En base a la experiencia acumulada en nuestro servicio, la CR en el área hepato-bilio-pancreática es una realidad que se puede realizar de una forma segura. Con la misma se pueden reproducir resultados simila-

res a los obtenidos con CL o abierta. La curva de aprendizaje para la realización de procedimientos complejos es sensiblemente menor que la requerida con la citada CL. Un requisito imprescindible para obtenerla es que exista una importante experiencia quirúrgica previa en los diferentes procedimientos a efectuar, fundamentalmente por vía abierta. En futuros estudios comparativos, especialmente en los procedimientos de mayor dificultad técnica, será necesario efectuar a efectos de valorar con mayor precisión el valor real de la misma. Estos estudios deberán incluir una relación coste/beneficio. De cualquier forma, grupos seleccionados deberán mantener esta actividad en España, independientemente del sector sanitario al que se dediquen, con la finalidad de seguir acumulando experiencia en este campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Idrees K, Bartlett DL. Robotic liver surgery. *Surg Clin N Am*. 2010;90:761–74.
- Scott DJ, Young WN, Tesfay ST, Frawley WH, Rege RV, Jones DB. Laparoscopic skills training. *Am J Surg*. 2001;182:137–42.
- Smith CD, Farrel TM, McNatt SS, Metreveli RE. Assessing laparoscopic manipulative skills. *Am J Surg*. 2001;181:547–50.
- Buell JF, Cherqui D, Geller DA, et al. The international position on laparoscopic liver surgery: the Louisville Statement, 2009. *Ann Surg* 250:825–830.
- Nguyen KT, Gamblin TC, Geller DA, World review of laparoscopic liver resection 2,804 patients. *Ann Surg*. 2009;250:831–841.
- Mostaedi R, Milosevic Z, Han HS, Khatri VP. Laparoscopic liver resection: current role and limitations. *World J Gastrointest Oncol*. 2012;4:187–192.
- Melvin, W. S., Needleman, B. J., Krause, K. R. Ellison, E. C. Robotic resection of pancreatic neuroendocrine tumor. *J Laparosc. Adv. Surg. Tech*. 2003;13, 33–36.
- Giulianotti PC, Coratti A, Angelini M, et al. Robotics in general surgery: personal experience in a large community hospital. *Arch Surg*. 2003;138:777–784.
- Chan OC, Tang CN, Lai EC, Yang GP, Li MK. Robotic hepatobiliary and pancreatic surgery: a cohort study. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2011;18:471–80.
- Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6,336 patients and results of a survey. *Ann Surg* 2004;240:205–213.
- Rahbari NN, Garden OJ, Padbury R, et al. Post hepatectomy haemorrhage: a definition and grading by the International Study Group of Liver Surgery (ISGLS). *HPB* 2011; 13(8): 528–535.
- Bassi C, Dervenis C, Butturini G, et al. Postoperative pancreatic fistula: an international study group (ISGPF) definition. *Surgery*. 2005;138:8–13.
- Nguyen KT, Geller DA. Laparoscopic liver resection current update. *Surg Clin N Am*. 2010;90:749–60.
- Ito K, Ito H, Are C, et al. Laparoscopic versus open liver resection: a matched pair case control study. *J Gastrointest Surg*. 2009;13:2276–83.
- Berber E, Akyildiz HY, Aucejo F, et al. Robotic versus laparoscopic resection of liver tumours. *HPB (Oxford)*. 2010;12:583–586.
- Tsung A, Geller DA, Sukato DC, et al. Robotic versus laparoscopic hepatectomy: a matched comparison. *Ann Surg* 2014;259:549–555.
- Ho CMI, Wakabayashi G, Nitta H, et al. Systematic review of robotic liver resection. *Surg Endosc*. 2013;27:732–9.
- Spampinato MG, Coratti A, Bianco L et al. Perioperative outcomes of laparoscopic and robot-assisted major hepatectomies: an Italian multi-institutional comparative study. *Surg Endosc* 2014;28:2973–2979.
- Buchs NC, Oldani G, Orci LA, et al. Current status of robotic liver resection: a systematic review. *Expert Rev. Anticancer Ther* 2014;14,237–246.
- Ji WB, Wang HG, Zhao ZM, Duan WD, Lu F, Dong JH. Robotic-assisted laparoscopic anatomic hepatectomy in China: initial experience. *Ann. Surg*. 2011;253;342.
- Gagner M, Pomp A, Laparoscopic pylorus-preserving pancreaticoduodenectomy. *Surgical Endoscopy*, 1994. vol. 8, no. 5, pp. 408–410.
- Kendrick ML, Cusati D. Total laparoscopic pancreaticoduodenectomy feasibility and outcome in an early experience, *Archives of Surgery*. 2010;145:19–23.
- Kendrick ML, Sclabas GM. Major venous resection during total laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *HPB*, 2011;13:454–458.
- Briggs CD, Mann CD, Irving GRB et al., “Systematic review of minimally invasive pancreatic resection,” *Journal of Gastrointestinal Surgery*, 2009;13:1129–1137.
- Duran H, Ielpo B, Caruso R, et al. Does robotic distal pancreatectomy surgery offer similar results as laparoscopic and open approach? A comparative study from a single medical center. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*. 2014;10: 280–5.
- Daouadi M, Zureikat AH, Zenati MS, et al. Robot-assisted minimally invasive distal pancreatectomy is superior to the laparoscopic technique. *Ann. Surg*. 2013;257:128–32.
- Cameron JL, Riall TS, Coleman J, et al. One thousand consecutive pancreaticoduodenectomies. *Ann Surg*. 2006;244:10–15.
- Ielpo B, Caruso R, Prestera A, et al. Arterial pseudoaneurysms following hepato-pancreato-biliary surgery: a single center experience. *JOP*. 2015;16:85–9.
- Vicente E, Quijano Y, Ielpo B. Arterial resection for pancreatic cancer: a modern surgeon should change its behavior according to the new therapeutic options. *G. Chir*. 2014;35:5–14.
- Giulianotti PC, Addeo P, Buchs NC, Ayloo SM, Bianco FM. Robotic extended pancreatectomy with vascular resection for locally advanced pancreatic tumors. *Pancreas*. 2011;40:1264–70.
- Zureikat AH, Moser AJ, Boone BA, Bartlett DL, Zenati M, Zeh HJ. 250 robotic pancreatic resections: safety and feasibility. *Ann Surg*. 2013;258:554–9.

La robótica en la cirugía endocrina

O VIDAL PÉREZ, FB DE LACY OLIVER, M VALENTINI, JC GARCÍA-VALDECASAS SALGADO
Servicio de Cirugía General y Digestiva. IMDiM. Hospital Clínic de Barcelona. Barcelona
Universidad de Barcelona. IDIBAPS

Correspondencia: ovidal@clinic.ub.es

RESUMEN

Hace años que la tecnología robótica comenzó a escribir su historia en la cirugía general. Sus potenciales ventajas son enormes, a pesar de que hasta ahora no haya conseguido demostrarlo de forma objetiva y contundente. La cirugía endocrina –del tiroides, paratiroides y de las glándulas suprarrenales– es un ejemplo más, evidenciando la diferencia que existe entre regiones. En Corea del Sur se está desarrollando durante los últimos años la aplicación de la cirugía robotizada para el abordaje a las estructuras de la celda tiroidea, mientras que en el mundo occidental su implementación está siendo más dificultosa. Algo parecido ocurre con los procedimientos de las glándulas suprarrenales. No obstante, es sensato y a la vez valiente, dar la cara a procedimientos que probablemente sean importantes en el futuro. Hace años ya que el mundo gira en torno a la tecnología, y se augura un porvenir donde los robots y nanobots podrían ser los protagonistas. Puede que aún no estemos preparados, pero lo estaremos.

Palabras clave: robot, tiroidectomía, cervicotomía, suprarrenalectomía

INTRODUCCIÓN

La cirugía endoscópica es la semilla donde emerge el concepto de cirugía mínimamente invasiva (CMI), basada en la preocupación por parte del cirujano por mejorar aspectos preoperatorios relacionados con el paciente, pero manteniendo los mismos resultados quirúrgicos o incluso mejorándolos con respecto a las mismas procedimientos realizados por cirugía abierta¹.

Nos encontramos en un mundo cada vez más dependiente de la tecnología. De la misma forma que se han inventado smartphones o drones militares,

estamos siendo testigos del nacimiento de la cirugía robótica, la cual debería ser capaz de unir el abordaje abierto y el laparoscópico con el fin de aportar los beneficios de ambas disminuyendo los inconvenientes argumentados como barreras infranqueables para la implementación de ellos en su práctica clínica diaria².

No hay duda de que la utilización del robot permite una mejor visión de las estructuras anatómicas por la magnificación binocular de la visión en 3D, una mejor destreza en la disección de espacios reducidos por la disminución del temblor, una libertad absoluta de movimientos por los siete grados de movimiento que nos permite y una curva de aprendizaje menor.

En el ámbito de la cirugía endocrina, la adopción del robot está siendo dificultosa. Para los procedimientos de dificultad media, el robot no parece ser necesario. En los casos de mayor complejidad, ni la ergonomía ni el instrumental actual robótico son de ayuda. A pesar de que la teoría hace pensar lo contrario, este abordaje sigue sin demostrar ventajas objetivas respecto a la endoscopia, obteniendo resultados similares en centros especializados. Es más, lo que sí varía, y de forma notable, es tanto el tiempo quirúrgico como el precio de los procesos.

GLÁNDULA TIROIDES Y PARATIROIDES

Clásicamente, el abordaje de la celda tiroidea se realiza mediante una cervicotomía de 5-6 cm aproximadamente, 1 cm por encima de la escotadura esternal, con el cuello en extensión. Se trata de la célebre incisión de Kocher, cirujano que recibió el Premio Nobel por sus trabajos relacionados con la glándula tiroidea³.

A finales del siglo pasado, con el advenimiento de nuevos abordajes quirúrgicos conocidos como mínimamente invasivos, los doctores Gagner y Hüscher

aplicaron sus conocimientos técnicos para realizar los primeros procedimientos endoscópicos cervicales, una paratiroidectomía subtotal endoscópica⁴ y una tiroidectomía vídeoasistida⁵, respectivamente. Como todo abordaje mínimamente invasivo endoscópico encaminado a mejorar los resultados de la cirugía abierta, estos abordajes presentaban ventajas, pero también inconvenientes. La curva de aprendizaje es prolongada, la pérdida de tacto y de visión en 3D o la utilización de instrumentos rígidos en un compartimento de difícil distensión y con estructuras vitales próximas. Como cirujanos endocrinos todos nos dimos cuenta de que la cirugía mínimamente invasiva en el cuello era complicada y exigente.

Fruto de la evolución y el desarrollo tecnológico, el robot ha podido ser aplicado a la cirugía endocrina.

El método para realizar una tiroidectomía robótica (TR) no está todavía claramente estandarizado, pero no difiere sustancialmente del abordaje endoscópico de la glándula tiroidea. La modificación principal viene dada por la creación del espacio de trabajo para acceder al tiroides y la colocación del robot.

Existen diversas opciones y variaciones respecto al número de incisiones a realizar e incluso del posicionamiento del equipo quirúrgico, pero se acepta que el abordaje más difundido sería el transaxilar a través de una única incisión.

La TR consta de cuatro pasos fundamentalmente. El posicionamiento del paciente, la creación del espacio de trabajo (colgajo cutáneo entre la axila y el cuello), el posicionamiento de los brazos robóticos (*dockingstage*) y, finalmente, la realización de la intervención quirúrgica desde la consola del robot.

Técnica quirúrgica

Posicionamiento del paciente

El procedimiento se realiza bajo anestesia general, con el paciente en decúbito supino y el cuello ligeramente extendido. El brazo ipsilateral a la lesión se coloca en ligera extensión por encima de la cabeza sin exceder los 125°, con el codo flexionado a 90° y con el antebrazo sobre la frente, con el objetivo de reducir la distancia entre la axila y el cuello.

Incisión axilar y creación del espacio de trabajo

Se realiza una incisión cutánea vertical de 6 a 9 cm en la axila que nos permitirá acceder a la superficie anterior del pectoral mayor progresando a través del tejido subcutáneo con bisturí eléctrico y creando así un colgajo hasta la región anterior del cuello. Una vez superada la clavícula, se prosigue la tunelización por

debajo del músculo platisma hasta identificar la bifurcación del músculo esternocleidomastoideo (ECM). La disección continúa a ese nivel separando el ECM de los músculos pretiroideos y separando estos últimos del lóbulo tiroideo en toda su longitud para poder colocar así un retractor externo (retractor de Chung – Biorobotics, Korea) que nos permitirá mantener un espacio de trabajo adecuado. Este puede ser introducido por la misma incisión axilar o a través de una incisión accesoria.

Posicionamiento del robot y material necesario

El sistema robotizado consiste en una consola para el cirujano, cuatro brazos articulados y monitores de alta definición. El robot se coloca en la cabecera del paciente, en el lado contrario a la lesión tiroidea, los brazos se sostienen sobre el paciente para situarse frente a la incisión axilar. El material necesario consistirá en una pinza de agarre para traccionar del tiroides, un dispositivo de sellado y otra pinza para que el cirujano pueda disecar, sellar y seccionar el tejido, un neuroestimulador para el nervio laríngeo recurrente (NLR), un aspirador-irrigador y un retractor de Chung.

Exéresis del lóbulo tiroideo

El cirujano opera desde la consola y su ayudante y la instrumentista están en el campo quirúrgico para evitar la colisión de los brazos del robot. El ayudante aspira el humo, tracciona del tejido e introduce los instrumentos en el campo operatorio. La lobectomía se realiza triangulando el instrumental y realizando una tracción caudal o lateral de la glándula que permite sellar y seccionar el pedículo superior, con identificación y preservación de la glándula paratiroides superior. El NLR es identificado, disecado y estimulado en todo su trayecto hasta penetrar en la laringe. Se completa la lobectomía con la sección del polo inferior de la glándula. Los gestos técnicos reproducen fielmente los realizados durante una lobectomía endoscópica cervical⁶.

Una vez completada la exéresis, se procede a la colocación de dos drenajes aspirativos, el cierre de la incisión cutánea axilar mediante sutura reabsorbible y la colocación de un vendaje compresivo pectoral, que debería mantenerse unas 48 horas.

CIRUGÍA ENDOCRINA ROBÓTICA EN ASIA

El primer caso de TR conocido se realizó en 2007 por el equipo de Chung en Seúl, Corea. Una cirugía sin necesidad de insuflación, basada inicialmente en 2 incisiones: axilar y pared torácica anterior. En 2011

Kang⁷, dentro del mismo grupo de Chung, publicó los datos de sus primeros 1.000 pacientes con carcinoma de tiroides en estadio inicial intervenidos mediante *robot-assisted transaxillary surgery* (RATS), afirmando que se trataba de una técnica segura y factible, y que debían ampliarse las indicaciones de la misma.

Sin embargo, estos buenos resultados clínicos se acompañaban de un gran incremento del tiempo operatorio y del coste de los procedimientos, así como de un sesgo en la selección de sus pacientes ya que, en ese momento, el mismo grupo desaconsejaba la utilización del robot en los tumores benignos de más de 5 cm de diámetro, y en cánceres no diferenciados o supuestamente avanzados; y la contraindicaban en pacientes con antecedentes de cirugía o irradiación cervical, lesiones localizadas en regiones tiroideas posteriores o retroesternales, infiltración de estructuras adyacentes, metástasis a distancia o patología asociada cervical.

Actualmente, después de miles de pacientes operados y múltiples estudios realizados, podemos afirmar que no existe unanimidad en cuanto a la utilidad y las ventajas del abordaje con robot. Dos claros ejemplos serían los contradictorios metaanálisis publicados con un año de diferencia por Langet⁸ y Son.⁹ El primero, publicado en 2014, incluyó 11 trabajos con 2.375 pacientes, aunque ninguno de ellos era un ensayo clínico randomizado. La conclusión fue que la TR se asociaba con un tiempo quirúrgico significativamente mayor, así como una prolongada estancia hospitalaria y un aumento de lesiones temporales del nervio laríngeo recurrente, aunque con un ratio de complicaciones permanentes y de morbilidad global similares a la tiroidectomía abierta (TA). El segundo, publicado en 2015, incluyó 14 publicaciones, con un total de pacientes de 3.136. Una vez más, no se encontraba ningún estudio randomizado entre ellas. La conclusión fue clara: la TR se asociaba con menor pérdida sanguínea, una mayor satisfacción cosmética y menor disfagia, mientras que el resto de complicaciones, incluyendo la hipocalcemia transitoria y permanente, así como la parálisis recurrente, incluso la estancia hospitalaria, eran similares a las obtenidas mediante TA.

Podemos afirmar que la importancia que tiene la virginidad del cuello en la mayor parte del continente asiático, así como que la mayoría de los pacientes sean delgados (cuestión que simplifica el procedimiento)¹⁰, ha hecho que en Asia, y más concretamente en Corea del Sur, el robot haya sido abrazado como una novedosa técnica con gran número de ventajas por grupos con elevado nivel de experiencia. Definitivamente, parece que el camino elegido es ese y están cada vez más seguros de ello.

CIRUGÍA ENDOCRINA ROBÓTICA EN OCCIDENTE

Si nos centramos en Europa y EEUU, encontramos que en 2012, Jackson et al.¹¹ publicaron un metaanálisis con resultados esperanzadores pero, sin embargo, parece que en nuestro ámbito la cirugía robótica está perdiendo fuerza. Perrier, líder del grupo del MD Anderson Cancer Center, publicó en 2012 una carta explicando literalmente por qué había abandonado este abordaje¹². A pesar de los buenos resultados iniciales, con el tiempo y el aumento del número de pacientes, se objetivó un aumento de tiempo operatorio y de coste al operar con robot, así como una tendencia a mayor hemorragia y menor satisfacción de los pacientes debido a un incremento en las parestesias, incluso a una mayor dificultad para completar las hemitiroidectomías debido al índice de masa corporal (IMC) de los pacientes.

El sentimiento actual, tanto en EEUU como en Europa, es que la TR dista mucho de convertirse en el nuevo *goldstandard*, aunque sería un error cerrar la puerta a lo que probablemente sea la tendencia evolutiva de los próximos años. En nuestra opinión, la TR debería poder ofrecerse como opción terapéutica en centros de alta experiencia y con un gran número de pacientes, en el seno de estudios prospectivos randomizados, y detallando sus ventajas e inconvenientes. Ese es el camino por el que, con tiempo y probablemente inspirados por la sociedad surcoreana, conseguiremos incrementar tanto sus ventajas como sus indicaciones.

En lo que se refiere a la cirugía paratiroidea, a pesar de haber sido el primer procedimiento cervical en que se describió el abordaje endoscópico⁴, no ha disfrutado de la popularidad y, a la vez, controversia de la tiroidea. La paratiroidectomía robótica (PR) por adenoma único es una técnica aparentemente segura, factible y con un buen resultado estético. No obstante, compite con la mini cervicotomía, la cual ya de por sí asocia múltiples ventajas frente a la cervicotomía convencional. En cuanto a la paratiroidectomía subtotal por robot, se ha realizado de manera anecdótica. En todo caso, el Da Vinci[®] sí podría tener una utilidad clara cuando se trata de glándulas paratiroideas mediastínicas¹³, fenómeno infrecuente pero que suele conllevar una esternotomía o toracotomía.

En definitiva, hasta el momento la cirugía convencional mínimamente invasiva es un abordaje claramente superior a la PR desde cualquier punto de vista.

GLÁNDULAS SUPRARRENALES

La primera suprarrenalectomía endoscópica (SE) se realizó en 1992¹⁴, y pocos años después ya era con-

siderada como el abordaje de elección para lesiones benignas¹⁵. En 1999, Piazza et al.¹⁶ y Hubens et al.¹⁷ introdujeron la cirugía robótica en la patología suprarrenal (SR). Hay que decir que la SR consta de tres pasos fundamentalmente: el posicionamiento del paciente (idéntico a la SE), el posicionamiento de los brazos robóticos (idéntico a la SE) y, finalmente, la realización de la intervención quirúrgica desde la consola del robot. La técnica de disección y exéresis glandular tampoco difiere de la SE.

Una vez más, son muchos los artículos que aparecieron desde su introducción comparando ambas técnicas, con resultados ya fáciles de anticipar. De hecho, el único ensayo clínico randomizado, aunque de baja calidad según la escala de Jadad, fue el de Morino et al.¹⁸, que concluía que la SE era superior a la asistida por robot en términos de factibilidad, morbilidad y coste. Se trataba de un estudio con solo 10 pacientes en cada brazo, pero aún así los resultados eran claros y se hizo eco de ellos.

Hemos tenido que esperar hasta los últimos 2 años para disfrutar de revisiones sistemáticas e incluso metaanálisis que comparasen la SR con SE, como puede ser el de Brandao et al.¹⁹. A partir de 600 pacientes de 9 estudios –con solo el de Morino como randomizado– demostró que no había diferencias en el tiempo quirúrgico, en el ratio de conversión ni en las complicaciones postoperatorias. Es más, el grupo de laparoscopia se asociaba con pérdidas sanguíneas y una estancia hospitalaria significativamente mayores.

Otra revisión sistemática y metaanálisis fue la realizada poco después por Chai et al.²⁰, que además de comparar el abordaje transperitoneal con el retroperitoneal, estudió las diferencias entre SE y SR. Su conclusión fue que los resultados –incluyendo el tiempo operatorio– y el ratio de complicaciones era similar; de hecho, con la cirugía robótica el dolor a las 24h de la cirugía era menor. Contrariamente a datos publicados años antes, no había diferencias en cuanto al tiempo operatorio, y factores como el IMC o un tumor grande no se asociaban con una cirugía robótica más larga, cosa que sí sucedía en los procedimientos laparoscópicos. Estos hechos van más a favor de que el robot necesite su curva de aprendizaje y que, una vez superada, podríamos empezar a encontrar ventajas que nos llevarían a ampliar sus indicaciones.

CONCLUSIÓN

En referencia a la cirugía del tiroides y paratiroides, el abordaje *goldstandard* sigue siendo la cervicotomía clásica, mientras que para la suprarrenalectomía lo

es el abordaje endoscópico. Sin embargo, en manos especializadas, la cirugía robótica es una alternativa efectiva y segura. Su debilidad es que se halla aún en sus orígenes, y su progresión depende de que, a base de experiencia, sepamos perfeccionarla. Pacientes y cirujanos debemos trabajar y tomar decisiones de forma conjunta. Solo así descubriremos si son reales las ventajas que por ahora la tecnología robótica solo nos permite imaginar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Targarona EM, Balagué C, Knook MM, Trías M. Laparoscopic surgery and surgical infection. *Br J Surg*. 2000;87:536-44.
2. Wilson EB. The evolution of robotic general surgery. *Scand J Surg* 2009;98:125-129.
3. Touzopoulos P, Karanikas M, Zarogoulidis P, et al. Current surgical status of thyroid diseases. *J Multidiscipl Healthc* 2011; 4: 441-449.
4. Gagner M. Endoscopic subtotal parathyroidectomy in patients with primary hyperparathyroidism. *Br J Surg* 1996;83:875.
5. Hüscher CS, Chiodini S, Napolitano C, Recher A. Endoscopic right thyroid lobectomy. *SurgEndosc* 1997;11: 77.
6. Gagner M, Inabnet WB. Endoscopic thyroidectomy for solitary thyroid nodules. *Thyroid*. 2001;11:161-3.
7. Kang SW, Park JH, Jeong JS, et al. Prospects of robotic thyroidectomy using a gasless, transaxillary approach for the management of thyroid carcinoma. *SurgLaparoscEndoscPercutan* 2011;21:223-9.
8. Lang BHH, Wong CKH, Tsang JS, Wong KP, Wan KYI. A systematic review and meta-analysis comparing surgically-related complications between robotic-assisted thyroidectomy and conventional open thyroidectomy. *Ann SurgOncol* 2014;21:850-861.
9. Son SK, Kim JH, Bar JS, Lee SH. Surgical safety and oncologic effectiveness in robotic versus conventional open thyroidectomy in thyroid cancer: a systematic review and meta-analysis. *Ann SurgOncol*. 2015;22:3022-32.
10. Lee J, Chung WY. Robotic thyroidectomy and neck dissection: past, present and future. *Cancer J* 2013;19:151-161.
11. Jackson NR, Yao L, Tufano RP, Kandil EH. Safety of robotic thyroidectomy approaches: meta-analysis and systematic review. *Head Neck* 2014;36:137-143.
12. Perrier N. Why I have abandoned robot-assisted transaxillary thyroid surgery. *Surgery* 2012;152:1025-1026.
13. Ismail M, Maza S, Swierzy M, et al. Resection of ectopic mediastinal parathyroid glands with the da Vinci robotic system. *Br J Surg* 2010;97:337-343.
14. Gagner M, Lacroix A, Bolté E. Laparoscopic adrenalectomy in Cushing's syndrome and pheochromocytoma. *N Engl J Med* 1992;1:327: 1033.
15. Gagner M, Pomp A, Heniford BT, Pharand D, Lacroix A. Laparoscopic adrenalectomy: lessons learned from 100 consecutive procedures. *Ann Surg* 1997;226:238-247.
16. Piazza L, Caragliano P, Scardilli M, Sgroi AV, Marino G, Giannone G. Laparoscopic robot-assisted right adrenalectomy and left ovariectomy (case reports). *ChirItal* 1999;51: 465-466.
17. Hubens G, Ysebaert D, Vaneerdegew W, Chapelle T, Eyskens E. Laparoscopic adrenalectomy with the aid of the AESOP 2000 robot. *Acta Chir Belg* 1999;99:125-127.

Robótica en cirugía general y del aparato digestivo. Expectativas de futuro

A LACY FORTUNY, R BRAVO INFANTE

Servicio de Cirugía Gastrointestinal. IMDIM. Hospital Clínic Barcelona. Barcelona

Correspondencia: alacy@clinic.ub.es

RESUMEN

Aunque muchos factores, tales como la economía, la gestión hospitalaria y la asistencia contribuyen al marco cambiante en cirugía, nada causa un cambio tan drástico como la introducción de una tecnología revolucionaria. El cambio es tan rápido, de hecho, que un nuevo término, tecnología punta, se usa para explicar ese cambio abrupto y radical en un corto periodo de tiempo. Sin embargo, lo que no podemos es juzgar futuros cambios utilizando estándares contemporáneos. La introducción de la cirugía laparoscópica fue el primero de este tipo de tecnologías, la robótica está emergiendo y muchas otras están por venir. A continuación presentamos una revisión de las numerosas otras nuevas tecnologías que junto con la robótica podrán afectar significativamente a la práctica de la cirugía. El ritmo frenético de este cambio tecnológico está creando tan extraordinaria agitación social, ética y de comportamiento que la especulación sobre sus efectos está garantizada.

Palabras clave: telecirugía, simulación quirúrgica, cirugía robótica, robot puerto único, cirugía robótica transanal.

NUEVAS TECNOLOGÍAS

Robótica y telecirugía

La cirugía laparoscópica está a medio camino entre la cirugía tradicional y la robótica. Durante la cirugía videoasistida, visualizamos los órganos en un monitor de vídeo y los manipulamos con instrumentos reales. En contraste, un robot también utiliza un monitor de vídeo, pero cuando el cirujano mueve los dedos, señales eléctricas pasan a través de la computadora hacia el extremo de los instrumentos. Por tanto, la cirugía se ha

convertido en una forma de gestión de la información. Desde esta perspectiva, es posible integrar la cirugía como nunca antes: desde la consola el cirujano puede realizar la cirugía abierta, mínimamente invasiva e incluso a distancia (telecirugía). Además, la posibilidad de superponer una tomografía computarizada del paciente sobre una imagen de vídeo real puede permitir al cirujano pre-planificar la intervención e incluso hacer una simulación del procedimiento mediante cirugía guiada por imagen, incrementando la seguridad del procedimiento para el paciente. Todos estos aspectos, que actualmente se llevan a cabo en diferentes momentos y lugares, ahora se pueden realizar conjuntamente en la consola quirúrgica, permitiendo un nivel de integración de la cirugía imposible hasta hace poco tiempo. Es este enfoque sistémico el verdadero poder de la cirugía robótica.

Futuros instrumentos quirúrgicos

La mayoría de los instrumentos quirúrgicos son puramente mecánicos, si bien existe la tendencia a añadirles sistemas de energía, como es el caso de la electrocoagulación, la ablación por radiofrecuencia o la crioterapia. Un ejemplo de innovación es el ultrasonido focalizado de alta intensidad (*high intensity focused ultrasound*, HIFU). Esta fuente de energía es capaz de destruir tumores de localización profunda sin dañar el tejido sano circundante y sin aumentar el riesgo de metástasis a distancia. La HIFU se focaliza en el tumor y la energía ultrasónica se convierte en calor debido a la absorción, pudiendo llegar a los 80°C y causando muerte celular por necrosis coagulativa de forma irreversible. Con el objetivo de no dañar el tejido sano perilesional se emplea un sistema robótico que locali-

za con precisión la lesión¹. Mediante la combinación de HIFU con el ultrasonido diagnóstico, será posible utilizar el Doppler para diagnosticar una hemorragia y detenerla de forma extracorpórea. La investigación en animales ha tenido éxito en el control no quirúrgico de arterias de gran calibre y órganos sólidos como el hígado, el riñón y el bazo². Es probable que cada vez más los instrumentos de energía dirigida incluyan tanto capacidad diagnóstica como terapéutica, permitiendo al cirujano realizar ambos actos de forma simultánea. Así mismo, se está trabajando sobre un bisturí inteligente (*iKnife*) que permita distinguir entre tejido sano y tumoral gracias al análisis espectrométrico del humo que se desprende durante la disección³.

El quirófano del futuro

Con los cambios tan rápidos que experimenta la tecnología robótica, las computadoras y la realidad virtual, es evidente que el lugar donde se llevarán a cabo los procedimientos quirúrgicos debe cambiar. Las nuevas tecnologías requieren un nuevo enfoque de los quirófanos. Hasta ahora, la sala de operaciones ha sido un espacio vacío equipado con muebles, aparatos de anestesia, iluminación, etc. Todo un equipamiento pasivo, independiente y no operativo. El siguiente paso es la integración de todos los aspectos de la sala de operaciones, no solo para el procedimiento quirúrgico, sino para todo el periodo peri-operatorio, desde el momento en el que el paciente entra en la zona de espera pre-operatoria hasta que finalmente es dado de alta desde el área de recuperación. Es decir, una verdadera integración de la información en relación con todo lo referente al paciente, procedimientos, procesos y flujos de trabajo⁴. Es más que probable que el techo del quirófano se convierta en un "mar inteligente de cámaras y luces" con numerosos diodos emisores de luz (LED) y cientos de cámaras en miniatura, de tal manera que no haya obstrucción al flujo de luz y las intervenciones puedan ser grabadas sin obstáculo alguno. Es importante también mirar hacia la industria en busca de inspiración para la dirección potencial de la cirugía, especialmente las nuevas tecnologías, incluyendo la robótica. Hoy en día, los cirujanos se sientan en las consolas de trabajo robóticas, pero al lado del enfermo se encuentran las enfermeras instrumentistas que intercambian los instrumentos y las enfermeras circulantes que aportan el material necesario durante la intervención. Sin embargo, en la industria ya es factible el utilizar un intercambiador automático cuando se cambia un instrumento, o un dispensador automático cuando se necesita más material. Por lo tanto no hay personas que interactúan con los robots. Michael

Treat, en la Universidad de Columbia, ha diseñado una enfermera instrumentista robótica que responde adecuadamente a las solicitudes verbales, entregando el instrumento necesario para el cirujano y recoge y devuelve a la mesa quirúrgica el instrumento utilizado. Este es un paso más hacia un quirófano completamente automatizado, donde el único ser humano sea el paciente.

Robots móviles

Además de los robots de la sala de operaciones actuales, se están introduciendo una serie de robots móviles. El RP-6 es un robot móvil de telemedicina de In-Touch, Inc de Goleta CA. Se trata de una plataforma robótica con un monitor de pantalla plana con el apoyo de una conexión de telemedicina. La enfermera pasa visita con el robot y el paciente puede ver y conversar con el médico sobre el enlace de la telemedicina. No ha sido sorprendente la buena aceptación de esta tecnología, sobre todo en los hogares de ancianos. Al ser entrevistados, los pacientes dicen acostumbrarse rápidamente a ver a su médico en el monitor de vídeo, y de hecho prefieren este método de comunicación, ya que el cirujano emplea más tiempo en la visita y tienen un mejor contacto visual con él. Tal vez esta es una triste realidad de cómo los cirujanos ocupados pasan visita a toda velocidad sin dar el suficiente valor a la atención personalizada al paciente.

Robots miniatura

El desarrollo tecnológico en robótica ha vuelto a los modernos robots en unidades miniaturizadas que contienen microcomputadoras, sensores y tecnología de locomoción incorporados en un sistema del tamaño de una pequeña moneda. La primera "clínica miniaturizada" fue la cápsula videoendoscópica de Paul Swain⁵. Esta es una cápsula del tamaño de una píldora dentro de la cual hay una cámara en miniatura, una fuente de luz y el transmisor. El paciente lleva una grabadora de vídeo en su cinturón. Tras su ingestión, la cápsula transmite imágenes a lo largo de su paso a través del tracto gastrointestinal. La siguiente generación será capaz de controlar la dirección y el paso de la cápsula por control robótico y, finalmente, añadir pequeños instrumentos tales como pinzas de biopsia con el fin de realizar maniobras terapéuticas.

Cirugía celular (*Biosurgery*)

Una nueva tecnología llamada láser pulsado ultracorto consiste en la emisión de pulsos de luz láser de muy

corta duración (en torno a 10^{-13} segundos). Cuando estos son dirigidos a una membrana celular es posible crear una incisión y proporcionar un acceso a la célula sin dañarla⁶. En la actualidad, se han comenzado a manipular estructuras intracelulares, habiéndose logrado penetrar en el núcleo de la célula y modificar sus cromosomas. Se podría especular que, en el futuro, los cirujanos podrían utilizar esta tecnología para manipular el material genético u operar directamente sobre genes. Si esto llegara a ocurrir, el objetivo de la cirugía sería en realidad cambiar la propia biología de la célula en lugar de reparar órganos y tejidos⁷.

Controles robóticos

Muchos de los descritos anteriormente son sistemas robóticos que se controlan desde una estación de trabajo similar a la consola quirúrgica Da Vinci®. Sin embargo, ya existe desarrollo tecnológico para el control neuronal directo, la denominada interfaz cerebro-máquina⁸. Los primeros ensayos clínicos en un hombre tetrapléjico comenzaron en 2005: los denominados pensamientos en acción. Después de tres meses de trabajo, el citado paciente podía controlar el cursor de un monitor de vídeo, encender y apagar el televisor e incluso abrir y cerrar los dedos de una prótesis de brazo, simplemente pensando⁹. ¿Es posible que en el futuro el cirujano pueda controlar un sistema robótico con el pensamiento?

NUEVAS TÉCNICAS PARA LA PRÁCTICA QUIRÚRGICA Papel del verde de indocianina en las anastomosis intestinales y el mapeo linfático

El verde de indocianina es un colorante fluorescente que absorbe la luz cerca de longitudes de onda infrarrojas, se une a las proteínas del plasma y viaja en el sistema vascular¹⁰. Cuando se activa por la luz láser *in situ* emite una señal de infrarrojos, que puede ser detectada por un sistema óptico con fluorescencia¹¹. De esta manera se obtiene una imagen visual de los vasos, el flujo sanguíneo y la perfusión tisular. Esta técnica ha sido incorporada ya en los sistemas robóticos Da Vinci® Si y Xi. El verde de indocianina soluble se puede administrar de forma intravenosa durante el procedimiento quirúrgico. El cirujano puede cambiar la imagen del modo fluorescencia al de luz blanca con tan solo activar un pedal de la consola. De este modo, se pueden ver imágenes del flujo sanguíneo en la microvascularización, así como la perfusión tisular en tiempo real. Esto es particularmente útil durante la realización de anastomosis intestinales habiéndose probado un mejor resultado

de las mismas en los pacientes a los que se les ha aplicado dicha tecnología¹².

La exéresis de ganglios linfáticos puede ser un procedimiento difícil durante la cirugía del cáncer. El uso de verde de indocianina es un método atractivo para facilitar la visualización de vasos linfáticos, ganglios centinela y ganglios linfáticos metastásicos. El verde de indocianina ha sido usado en la exéresis de ganglios linfáticos, de las metástasis cutáneas del carcinoma rectal¹³ y del sarcoma de Kaposi cutáneo¹⁴ con resultados exitosos.

Cirugía robótica por puerto único

El progreso de la cirugía abierta a la cirugía mínimamente invasiva ha mejorado drásticamente la recuperación y resultados del paciente, en gran medida debido a la reducción en el tamaño de las incisiones. La cirugía robótica por puerto único presenta una serie de ventajas como son una menor agresión quirúrgica de la pared abdominal, con disminución del dolor y de la necesidad de analgesia, movilización precoz y reducción de la estancia hospitalaria. Además, se pueden conseguir mejores resultados estéticos debido al menor número de incisiones. En la actualidad, existe experiencia con numerosos procedimientos realizados mediante cirugía robótica a través de puerto único, destacando la hemicolectomía derecha e izquierda¹⁵, colecistectomía¹⁶, histerectomía¹⁷ y hernioplastias inguinales¹⁸.

Cirugía robótica sin incisiones

Ya se han llevado a cabo procedimientos quirúrgicos sin incisiones con la inserción de los instrumentos a través de orificios naturales tales como la boca, el ano o la vagina. Han sido descritas técnicas como la exéresis local de neoplasias rectales en estadio precoz mediante cirugía robótica transanal¹⁹, así como la exéresis total de mesorrecto mediante cirugía robótica transanal y laparoscópica abdominal²⁰. Queriendo siempre ir un paso más allá, creemos que sería factible la realización de la exéresis total del mesorrecto en pacientes afectos de neoplasia de recto mediante cirugía robótica abdominal y transanal con el robot de puerto único, mediante el trabajo simultáneo de dos sistemas robóticos.

Cirugía robótica en espacios pequeños

Una de las principales ventajas de los sistemas robóticos es su capacidad para trabajar en espacios pequeños, tales como la pelvis y el mediastino. Ya hemos comentado las expectativas de futuro en lo que respecta a la cirugía del recto. La esofagectomía robótica con

anastomosis torácica y tiempo abdominal laparoscópico ha sido ya descrita. De igual manera que en la cirugía del recto, creemos que en un futuro próximo será posible utilizar dos plataformas robóticas realizando una cirugía simultánea abdominal y torácica, permitiendo la realización de una esofagectomía en bloque y su reconstrucción.

CONCLUSIONES

La tecnología avanza tan rápido que incluso a medida que implementamos un nuevo procedimiento, tal como la cirugía laparoscópica, las nuevas tecnologías para reemplazarlo (como la cirugía robótica) ya están cerca. Si hay alguna lección que aprender, es que a día de hoy y con la rapidez a la que se producen los cambios, cada cirujano va a ver no una sino muchas revoluciones durante su carrera. Las tecnologías descritas anteriormente, y la especulación sobre sus posibles consecuencias tanto morales como éticas, deben despertar una nueva conciencia de la responsabilidad que nosotros, como cirujanos, debemos aceptar. El posible que la pura fantasía de hoy se convierta en el hecho indiscutible de mañana.

BIBLIOGRAFÍA

1. Qiu, Xie C, Cochran S, et al. The Development of a Robotic Approach to Therapeutic Ultrasound. 7th International Conference on Modern Practice in Stress and Vibration Analysis. *Journal of Physics: Conference Series* 181 (2009).
2. Vaezy S, Martin R, Keilman G, et al. Control of Splenic bleeding by using high intensity ultrasound. *J Trauma* 1999;47:521-5.
3. Balog J, Sasi-Szabó L, Kinross J, et al. Intraoperative Tissue Identification Using Rapid Evaporative Ionization Mass Spectrometry. *Sci Transl Med* 2013;5:194-96.
4. Sandberg WS, Ganous TJ, Steiner C. Setting a research agenda for perioperative systems design. *Semin Laparosc Surg* 2003;10:57-70.
5. Iddan G, Meron G, Glukhowsky A, Swain P. Wireless capsule endoscopy. *Nature* 2000;405:417.
6. Tirlapur IK, König K. Targeted transfection by femtosecond laser. *Nature* 2002;418:290-1.
7. Satava RM, Wolff R. Disruptive visions: BioSurgery. *Surg Endosc* 2003;17:1833-36.
8. Nicolelis MA, Dimitrov D, Carmena JM, et al. Chronic, multi-site, multielectrode recordings in macaque monkeys. *Proc Natl Acad Sci* 2003;100:11041-6.
9. Donoghue JP, Nurmikko A, Friehs G, Black M. Development of neuromotor prostheses form humans. *Suppl Clin Neurophysiol* 2004;57:592-606.
10. Jarmo T, Alander, Kaartinen I, Laakso A, et al. Review of Indocyanine Green Fluorescent Imaging in Surgery. *Int J Biomed Imaging* 2012;2012:940585.
11. Flower RW. Injection technique for indocyanine green and sodium fluorescein dye angiography of the eye. *Investigative Ophthalmology* 1973;12:881-95.
12. Lim H, Soter N. *Clinical Photomedicine*. New York, NY, USA: Marcel Dekker Inc.; 1993.
13. Karrer S, Abels C, Bäuml W, Steinbauer M, Landthaler M, Szeimies RM. Photochemotherapy with indocyanine green in cutaneous metastases of rectal carcinoma. *Deutsche medizinische Wochenschrift* 1997;122:1111-4.
14. Abels C, Karrer S, Bäuml W, Goetz AE, Landthaler M, Szeimies R.M. Indocyanine green and laser light for the treatment of AIDS-associated cutaneous Kaposi's sarcoma. *Brit J Cancer* 1998;77:1021-4.
15. Ostrowitz MB, Eschete D, Zemon H, DeNoto G. Robotic-assisted single-incision right colectomy: early experience. *Int J Med Robot* 2009;5:465-70.
16. Spinoglio G, Lenti LM, Maglione V, Lucido FS, Priora F, Bianchi PP. Single-site robotic cholecystectomy (SSRC) versus single-incision laparoscopic cholecystectomy (SILC): comparison of learning curves. First European experience. *Surg Endosc* 2012;26:1648-55.
17. Ji Nam E, Wun Kim S, Lee M, et al. Robotic single-port transumbilical total hysterectomy: a pilot study. *Gynecol Oncol* 2011;22:120-6.
18. Tran H. Robotic Single-Port Hernia Surgery. *JLS* 2011;15:309-14.
19. Atallah S, Parra-Davila E, DeBeche-Adams T, Albert M, Larach S. Excision of a rectal neoplasm using robotic transanal surgery (RTS): a description of the technique. *Tech Coloproctol* 2012;16:389-92.
20. Atallah S, Nassif G, Polavarapu H, et al. Robotic-assisted transanal surgery for total mesorectal excision (RATS-TME): a description of a novel surgical approach with video demonstration. *Tech Coloproctol* 2013;17:441-7.

