

CIRUGÍA ESPAÑOLA

www.elsevier.es/cirugia



Editorial

Cirugía robótica: controversias actuales y expectativas futuras

Robotic surgery: Current controversies and future expectations

Introducción

El desarrollo de la cirugía robótica durante los últimos 10 años ha presentado una tasa de crecimiento promedio anual que ronda el 15%. De 1999 a junio de 2011, la empresa Intuitive Surgical, fabricante del sistema da Vinci, ha vendido 1.744 unidades en todo el mundo. Mil doscientos setenta y siete se encuentran en hospitales de los Estados Unidos, 324 en Europa, 96 en Asia, 16 en Oriente Medio y 14 en Australia. Italia y Alemania poseen 50 unidades da Vinci cada una, el número más elevado de Europa, y España posee 24. En 2010, los 50 robots italianos realizaron casi 5.000 procedimientos y se espera que en 2012 superen los 6.000¹. La mayoría de estas operaciones son prostatectomías radicales, que representan aproximadamente la mitad del total, seguidas de una combinación de otros procedimientos de cirugía general. Las cifras anteriores ponen de relieve una tendencia significativa, que se extiende por todo el mundo y todas las especialidades quirúrgicas, hacia un aumento en la propagación y uso rutinario del único sistema quirúrgico disponible asistido por la robótica. Sin embargo, para muchos cirujanos generales no queda claro cuál es el verdadero beneficio de la cirugía robótica y cuáles son sus limitaciones actuales². Los críticos afirman que los usuarios y los hospitales están exagerando las supuestas ventajas de dicha tecnología y que todavía carecemos de pruebas objetivas y científicas que demuestren que la cirugía robótica es mejor que la laparoscopia convencional para el cirujano general³. Las limitaciones económicas que sufren la mayoría de los sistemas de asistencia sanitaria de los países occidentales en la actualidad han conducido a más consideraciones respecto a la adopción de la cirugía robótica, que se percibe como un privilegio para unos pocos hospitales públicos y centros privados, por lo que la decisión es aún más compleja para los proveedores de asistencia sanitaria⁴. No es de sorprender que la información científica y los mensajes de los medios de comunicación acerca de la cirugía robótica sean aún confusos, y a menudo ofrezcan puntos de vista opuestos; mientras tanto, la tecnología sigue evolucionando con rapidez e incorporando

nuevas herramientas e innovadores instrumentos: en esta revisión intentaré centrar mi atención, desde mi perspectiva como usuario básico, sobre los pros y contras de los actuales sistemas robóticos respecto a la cirugía general y ofreceré una visión general de la evolución esperada para el futuro.

El problema es el coste

El sistema da Vinci está fabricado por la empresa Intuitive Surgical, con sede en California y único gran actor actual en el negocio de la cirugía robótica. La empresa, fundada en 1995, adaptó una tecnología originalmente diseñada para la cirugía remota a larga distancia y produjo varias generaciones de robots multiuso, hasta la última versión: el sistema de doble consola y 4 brazos «da Vinci Si» que cuesta alrededor de 2 millones de dólares (fig. 1). El sistema robótico da Vinci continúa siendo un monopolio: obviamente, sería conveniente contar con competencia para reducir el precio. Una compañía médica llamada Computer Motion, que fabricaba otra versión de robot quirúrgico, el Zeus, se fusionó con Intuitive Surgical en 2003 y se incorporaron muchos de los diseños del antiguo competidor en el nuevo sistema da Vinci⁵. Intuitive Surgical cuenta ahora con decenas de patentes que hacen extremadamente difícil en un futuro inmediato cualquier lanzamiento de un robot quirúrgico competidor. Sin embargo, a medida que dichas patentes expiren de forma gradual, aparecerán otros competidores. Se espera que al menos otro actor se introduzca en el mercado en un futuro próximo: el robot canadiense Amadeus fabricado por Titan Medical Inc., que se espera que incorpore tecnología háptica (interfaz táctil). Este robot se acerca a la etapa de ensayo clínico pero se conoce poco sobre su rendimiento. Por último, el programa de robótica Raven, originalmente desarrollado para el ejército americano, ha producido un robot quirúrgico compacto, ligero y relativamente barato (debería costar alrededor de 250.000 dólares) (fig. 2). Puede ser que en un futuro próximo se convierta en un producto apto para la cirugía cardíaca, con el apoyo académico de varias universidades en los EE. UU., lideradas por la Universidad de



Figura 1 – El sistema da Vinci Si con su consola doble.

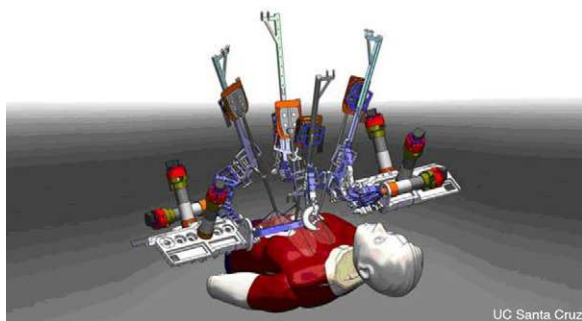


Figura 2 – El sistema robótico Raven, diseñado por la Universidad de California en Santa Cruz, Estados Unidos.

Washington. Sin embargo, actualmente carece de aprobación por parte de la FDA. Por lo tanto, durante el próximo par de años, es probable que el sistema da Vinci continúe siendo el único robot quirúrgico disponible para el cirujano general y su precio continuará siendo elevado e inaccesible para muchos usuarios.

Los cirujanos generales no cuentan con un procedimiento sin competencia

La prostatectomía radical representa para el urólogo un procedimiento «arrollador» (*killer procedure*) o sin competencia, lo que significa que no existe alternativa terapéutica que pueda sobrevivir tras su introducción en la práctica clínica⁶. Cuatro son los puntos que debe reunir un tratamiento quirúrgico para convertirse en un procedimiento «arrollador»:

- 1) ser un procedimiento habitual (cerca de 100.000 prostatectomías radicales por año en los EE. UU.)
- 2) ser una tecnología habilitante (solo se puede realizar con robot, ya que la alternativa es el acceso abierto)
- 3) producir mejores resultados clínicos (la prostatectomía robótica se asocia con mejores resultados funcionales a corto y largo plazo)

- 4) reproducibilidad (la mayoría de los urólogos han adoptado con facilidad la nueva técnica).

En la cirugía general no existe tal procedimiento, ya que la mayoría de las operaciones que se realizan con el da Vinci también se pueden realizar con la laparoscopia, método más simple y económico. Más que una «tecnología habilitante» el robot es para el cirujano general una «tecnología facilitadora». Por lo tanto, los puristas de la cirugía laparoscópica no aprecian ningún beneficio adicional en el uso de la cirugía robótica, lo que abre el camino a las críticas sobre los costes adicionales que requiere⁷.

La cuestión es: «hay lugar para una “tecnología facilitadora”, y aún muy cara, dentro de la cirugía general mínimamente invasiva?». La respuesta continúa siendo incierta; podría ser afirmativa si consideramos que solo el 20-25% de los cánceres colorrectales se tratan con laparoscopia, debido probablemente a la dificultad técnica intrínseca del método. Una tecnología capaz de hacer más sencilla la laparoscopia puede conducir a una mayor difusión de la opción mínimamente invasiva, lo que conlleva beneficios comprobados para el paciente. Lo mismo se aplica a los procedimientos laparoscópicos más avanzados, que están hoy restringidos por su limitada difusión.

Robótica por acceso único

Recientemente, se han desarrollado para el sistema da Vinci Si nuevos instrumentos y accesorios con acceso único que han sido probados en humanos en estudios preliminares^{8,9}. La nueva tecnología tiene potencial para superar muchas de las limitaciones de la clásica laparoscopia con incisión única (SILS, por su nombre en inglés) en lo que respecta a la triangulación, ergonomía, calidad de la visibilidad y la amplitud de movimiento de los instrumentos. Las pinzas de acoplamiento del robot reconocen automáticamente la forma de las cánulas curvas de acceso único y reasignan cada control maestro al instrumento esclavo del lado opuesto, compensando así el cruce de las cánulas curvas (fig. 3). El sistema incluye una gama de instrumentos de 5 mm semirrígidos y

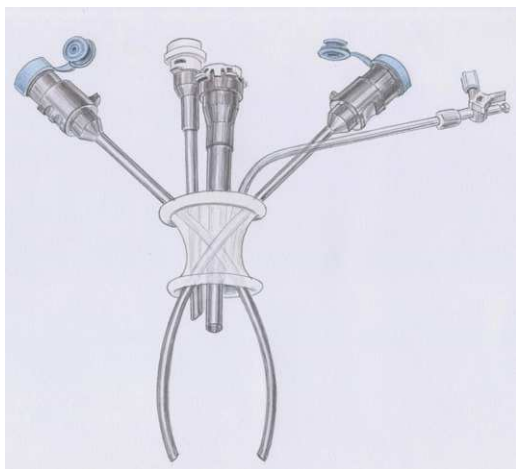


Figura 3 – La tecnología de acceso único da Vinci para la colecistectomía asistida por robot.

«sin muñeca» (*nonwristed*), entre ellos, un gancho monopolar, diferentes tipos de pinzas, tijeras curvas, un aplicador de clip Hem-o-lok de mediano a grande (Teleflex Medical), portaagujas, y un aspirador-irrigador. El puerto de único acceso es desechable; todos los instrumentos son recargables con un número limitado de usos y las cánulas metálicas son reutilizables con tapas desechables. La tecnología robótica es una técnica compensatoria que puede superar los obstáculos y las limitaciones ergonómicas del SILS y es capaz de aprovechar todo el potencial del abordaje por acceso único. Hemos demostrado que permite superar de forma rápida la curva de aprendizaje típica en la mayoría de los nuevos procedimientos, en particular el abordaje laparoscópico por incisión única¹⁰. Es probable que esto aumente la seguridad de SILS y, a su vez, amplíe su adopción por parte de un mayor número de cirujanos generales para más procedimientos quirúrgicos.

La evolución futura del sistema robótico por acceso único conducirá probablemente a soluciones tecnológicas para los desafíos de la cirugía endoscópica transluminal por orificios naturales (natural orifice transluminal endoscopic surgery [NOTES]), cuyas dificultades han limitado hasta la fecha su difusión práctica. Herramientas robóticas miniaturizadas, articuladas y multitarea sustituirán tarde o temprano el abordaje robótico multi-puerto, ya que es probable que este gran salto solo se pueda producir mediante la tecnología robótica.

Formación de futuros cirujanos

La segunda consola del sistema da Vinci Si está diseñada con fines didácticos. De hecho, la mayoría de los procedimientos mínimamente invasivos, tanto laparoscópicos como robóticos, requieren solo un cirujano, ya que la necesidad de exposición de tejido es menor que en la cirugía abierta. Sin embargo, la posibilidad de que un cirujano en formación ocupe la segunda consola durante un caso de cirugía robótica supone una oportunidad única para compartir la misma vista con 3D

de alta definición del cirujano interviniente. Por otra parte, se pueden ceder algunos pasos del procedimiento al cirujano aprendiz, bajo la supervisión del cirujano a cargo en la otra consola, quien, después de ceder por completo los controles maestros, cuenta con la visión de punteros virtuales que le pueden ayudar a dirigir el abordaje correcto de la disección quirúrgica¹¹. En este sentido, la tecnología de consola doble es el dispositivo de enseñanza más potente jamás visto en cirugía, aunque su potencial para la formación no se ha reconocido aún. Creo firmemente que las instituciones formadoras deben incluir entre las demás variables clínicas este importante punto en el algoritmo utilizado para la decisión de comprar o no el robot. En mi experiencia personal, fue mucho más sencillo enseñar a jóvenes cirujanos la resección colorrectal robótica que la laparoscopia convencional.

Nuevas herramientas de disección y tecnología Firefly

El nuevo EndoWrist One es una herramienta articulada («endomúñeca») con radiofrecuencia que combina la capacidad de sellado de esta tecnología con una hoja incorporada que corta entre las mordazas. Con esta nueva herramienta, la tecnología robótica cierra la brecha existente con la laparoscopia pura, en la que los instrumentos de disección con energía llevan 10 años en uso. El sistema Endowrist One acelerará la disección robótica, por lo que la cirugía se volverá mucho más rápida y probablemente más segura. Las críticas habituales sobre tiempos de operación más prolongados en la cirugía robótica acabarán desapareciendo probablemente tras la introducción de esta tecnología. La tecnología de imagen por fluorescencia, Firefly, proporciona guía por imágenes e identificación en tiempo real de puntos de referencia anatómicos¹². La cámara robot de infrarrojos cercanos permite la visualización de imágenes de tejidos vascularizados, vasos, linfa y conductos biliares tras la inyección intravenosa de verde de indocianina (ICG), que se activa mediante luz de infrarrojo cercano (fig. 4). El sistema permite la conmutación de vistas entre imágenes endoscópicas estándares en tiempo real e imágenes de los tejidos iluminados por la tinción. La demostración visual en tiempo real de la perfusión tisular puede ayudar al cirujano a seccionar el intestino en el punto deseado y así preservar el riego sanguíneo. Además, puesto que la tinción del tejido neoplásico es diferente de la del tejido sano, podría ayudar a diferenciar entre tejidos malignos y normales¹³. Durante la cirugía robótica, también podría detectarse una anatomía anómala del conducto biliar, y por lo tanto, surge la posibilidad de reemplazar a la colangiografía intraoperatoria como estándar para evaluar la anatomía biliar¹⁴. El uso de ICG como medio de contraste puede mostrar fugas biliares en la superficie de la transección tras una hepatectomía. Se podría utilizar la inyección endoscópica directa de ICG en cáncer colorrectal para detectar la trayectoria de diseminación linfática y obtener muestras de los «ganglios centinela»¹⁵ (fig. 5A y B). Aunque esta técnica no está aún aprobada en el marco del cáncer colorrectal, podría ser valiosa para evitar una resección extensa e innecesaria durante la etapa temprana de la

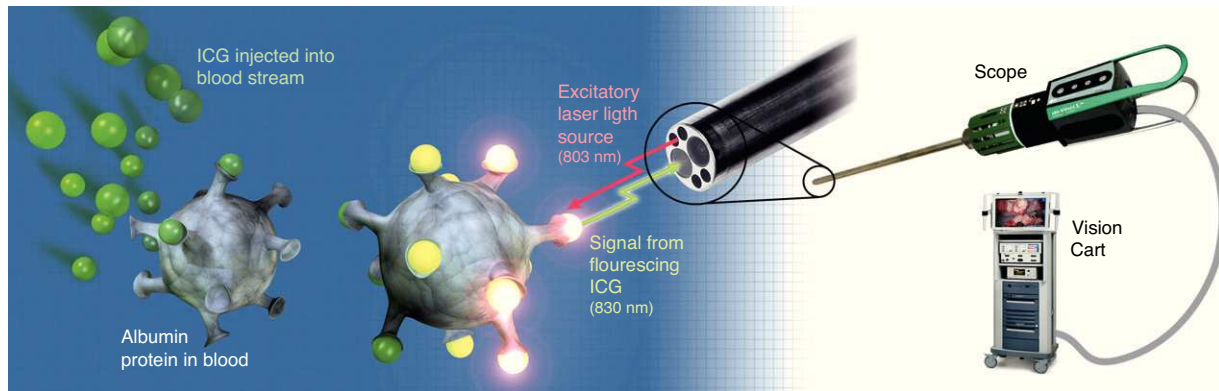


Figura 4 – El sistema Firefly en da Vinci para cirugía robótica guiada por fluorescencia.

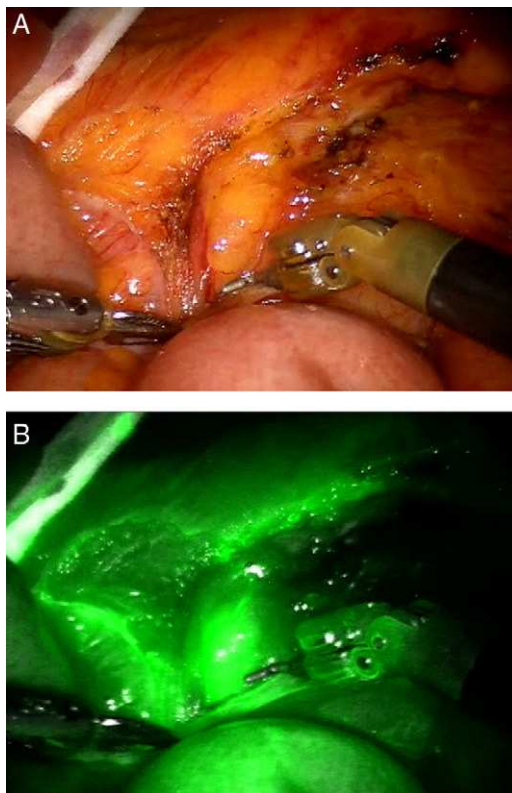


Figura 5 – Disección robótica de un ganglio preaórtico durante una resección sigmoidea por neoplasia: A) vista endoscópica estándar; B) vista mediante Firefly que muestra la captación de la tinción por parte del ganglio.

enfermedad. Es probable que la evolución futura de esta tecnología de detección visual dé lugar a tinciones más selectivas capaces de distinguir entre ganglios metastásicos y reactivos, lo que abriría paso a la cirugía oncológica a medida del paciente del futuro.

Conclusión

En 1983, un teléfono móvil costaba 4.000 dólares. La duración de la batería era de 20 min y su tamaño, forma y peso eran

parecidos a un ladrillo. La cirugía robótica está hoy en su infancia, como la industria de la telefonía móvil lo estaba en la década de los 80. Todos conocemos el resto de la historia respecto a los móviles, pero solo podemos hacer conjeturas respecto al destino de los robots quirúrgicos. A medida que se unan más fabricantes al mercado de la robótica, la velocidad de innovación se acelerará y los costes se reducirán. La miniaturización de las herramientas y la realidad aumentada nos ayudarán a realizar una amplia gama de procedimientos de manera más rápida y segura. El potencial de formación de sistemas robóticos como el da Vinci Si podría cambiar el modo tradicional en que se ha enseñado cirugía en las últimas décadas.

Tengo pocas dudas de que la cirugía robótica está aquí para quedarse, y que la nueva generación de cirujanos debe tener la oportunidad de ser entrenada con estos sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Santoro E, Pansadoro V. La cirugía robótica en Italia: indagine nazionale (2011). *Updates in Surgery*. En prensa 2012.
2. Kenngott HG, Fischer L, Nickel F, Rom J, Rassweiler J, Müller-Stich BP. Status of robotic assistance: a less traumatic and more accurate minimally invasive surgery? *Langenbecks Arch Surg*. 2012;397:333-41.
3. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, Meyers WC. Robotic surgery: a current perspective. *Ann Surg*. 2004;239:14-21.
4. Lotan Y. Is robotic surgery cost-effective?: no. *Curr Opin Urol*. 2012;22:66-9.
5. Patel HR, Amodeo A, Joseph JV. Robotic oncological surgery: technology that's here to stay? *Int J Adv Rob Sys*. 2009;6:161-8.
6. Anderson JE, Chang DC, Parsons JK, Talamini MA. The first national examination of outcomes and trends in robotic surgery in the United States. *J Am Coll Surg*. 2012;215:107-14.
7. Turchetti G, Palla I, Pierotti F, Cuschieri A. Economic evaluation of da Vinci-assisted robotic surgery: a systematic review. *Surg Endosc*. 2012;26:598-606.
8. Konstantinidis KM, Hirides P, Hirides S, Chrysocheris P, Georgiou M. Cholecystectomy using a novel Single-Site[®] robotic platform: early experience from 45 consecutive cases. *Surg Endosc*. 2012;26:2687-94.
9. Escobar PF, Knight J, Rao S, Weinberg L. Da Vinci[®] single-site platform: anthropometrical, docking and suturing considerations for hysterectomy in the cadaver model. *Int J Med Robot*. 2012;8:191-5.

10. Pietrabissa A, Sbrana F, Morelli L, Badessi F, Pugliese L, Vinci A, et al. Overcoming the challenges of single-incision cholecystectomy with robotic single-site technology. *Arch Surg.* 2012;147:709-14.
11. Marengo F, Larraín D, Babilonti L, Spinillo A. Learning experience using the double-console da Vinci surgical system in gynecology: a prospective cohort study in a University hospital. *Arch Gynecol Obstet.* 2012;285:441-5.
12. Krane LS, Manny TB, Hemal AK. Is near infrared fluorescence imaging using indocyanine green dye useful in robotic partial nephrectomy?: a prospective comparative study of 94 patients. *Urology.* 2012;80:110-6.
13. Buchs NC, Hagen ME, Pugin F, Volonte F, Bucher P, Schiffer E, et al. Intra-operative fluorescent cholangiography using indocyanin green during robotic single site cholecystectomy. *Int J Med Robot.* 2012;8:436-40.
14. Patel TH, Sirintrapun SJ, Hemal AK. Surgeon-controlled robotic partial nephrectomy for a rare renal epithelioid angiomyolipoma using near-infrared fluorescence imaging using indocyanine green dye: a case report and literature review. *Can Urol Assoc J.* 2012;6:E91-4.
15. Holloway RW, Bravo RA, Rakowski JA, James JA, Jeppson CN, Ingersoll SB, et al. Detection of sentinel lymph nodes in patients with endometrial cancer undergoing robotic-assisted staging: a comparison of colorimetric and fluorescence imaging. *Gynecol Oncol.* 2012;126:25-9.

Andrea Pietrabissa*, Alessio Vinci, Luigi Pugliese y Andrea Peri

Chirurgia Generale Seconda, Ospedale San Matteo Pavia, Pavia, Italia

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: andrea.pietrabissa@gmail.com
(A. Pietrabissa).

0009-739X/\$ – see front matter

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

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ciresp.2012.07.005>