

## Telemedicina - Aplicaciones Quirúrgicas Cirugía Robótica (II) - Situación Actual. Posibilidades Futuras

**Carlos Martínez-Ramos**

Departamento de Cirugía. Facultad de Medicina. Universidad Complutense.  
Hospital Clínico San Carlos. C/ Prof. Martín Lagos, s/n. 28040-Madrid.  
[cmartinez.hcsc@salud.madrid.org](mailto:cmartinez.hcsc@salud.madrid.org)

**Resumen:** Se describen las aplicaciones quirúrgicas actuales de la cirugía robótica. Posteriormente, se analizan las posibilidades futuras de la robótica aplicada a la cirugía. En primer lugar, la aplicación a la simulación quirúrgica, con el desarrollo de la realidad virtual y la realidad aumentada. En segundo lugar, la aplicación a la telemonitorización quirúrgica (telecontrol y teleconsejo quirúrgicos) y, finalmente, la aplicación a la telecirugía remota.

**Palabras claves:** Cirugía robótica. Simulación quirúrgica. Realidad virtual. Realidad aumentada. Telecirugía remota.

### APLICACIONES ACTUALES DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA

El sistema **Da Vinci**, una vez obtenidas las correspondientes acreditaciones tanto por la **Keymark** o **Marque de Conformité Européene** en Europa como por la **Food and Drug Administration (FDA)** norteamericana, ha sido empleado en diferentes aplicaciones clínicas, siguiendo el principio básico de que su utilización tiene como única finalidad, no la de sustituir al cirujano sino la de aumentar su destreza y capacidad ante procedimientos quirúrgicos complejos en cirugía de acceso mínimamente invasivo, por lo que su utilización será tanto más útil y adecuada cuanto más demandante sea técnicamente la intervención y cuanto más difícil sea la manipulación quirúrgica a causa de la estrechez del campo operatorio.

A pesar de que la cirugía robótica se encuentra en su fase inicial, actualmente ya se están utilizando en un amplio número de especialidades y procesos. En Aparato Digestivo se emplean en la cirugía del esófago, fundamentalmente para el tratamiento del reflujo gastroesofágico, de la achalasia y del cáncer precoz. En cirugía del estómago se realizan gastrectomías, piloroplastias, anastomosis gastroentéricas, así como gastroplastias, operaciones derivativas y colocación de bandas gástricas ajustables, para el tratamiento de la obesidad mórbida. También se utilizan en cirugía de las vías biliares y en cirugía colorectal.

En Cirugía Torácica, no cardíaca, se utilizan para realizar lobectomías, neumonectomías, linfadenectomías mediastínicas y timectomías. En Cirugía Cardíaca se

emplean para efectuar [bypass](#) coronarios, reemplazamientos valvulares, pericardiectomías y corrección de defectos septales. En Cirugía Urológica se realizan nefrectomías, pieloplastias, reimplantación de uréteres, prostatectomías, cistectomías radicales. En Cirugía Ginecológica se utilizan en histerectomías, en cirugía anexial y en reconstrucciones tubáricas. También se está iniciando su aplicación en Cirugía Endocrina para realizar adrenalectomías.

A título orientativo, en los últimos años se han instalado más de 400 robots Da Vinci a lo ancho del mundo con los que se han realizado más de 300.000 intervenciones quirúrgicas. Sin embargo, la cirugía robótica todavía se encuentra en sus inicios y se lleva a cabo fundamentalmente en grandes centros hospitalarios de Europa, EE.UU, Canadá, Méjico, etc., estando pendiente de establecerse y clarificarse algunos aspectos concretos sobre mala praxis, acreditación para este tipo de cirugía, establecimiento de programas de entrenamiento, etc.

Por lo que respecta a nuestro país, hay que resaltar que el Hospital Clínico San Carlos de Madrid ha sido el primero en introducir un robot [Da Vinci](#) en la Sanidad Pública, realizándose en este Centro, el día 11 de julio de 2006, la primera intervención con asistencia robótica.

### **POSIBILIDADES FUTURAS DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA**

Algunas de las más claras aplicaciones futuras se derivan fundamentalmente de dos posibilidades de los sistemas robóticos. En primer lugar, si tenemos en cuenta que los robots no son más que sistemas informáticos, se tiene la posibilidad de que éstos interactúen con otros como los actuales sistemas digitales de imagen médica, lo cual permite incrementar importantemente las propiedades de los [simuladores quirúrgicos](#). Y en segundo lugar, un robot quirúrgico puede conectarse a un sistema de telecomunicaciones, lo que posibilita el poder llevar a cabo dos aplicaciones revolucionarias: la [Telemonitorización quirúrgica](#) y la [Telecirugía remota](#).

#### **Simuladores quirúrgicos**

Las nuevas técnicas robóticas aplicadas a la cirugía, al igual que ocurre con cualquier tipo de innovación, normalmente encuentran una resistencia inicial para su utilización, hasta que los cirujanos lleguen a ser conscientes de que estos sistemas pueden hacer que su tarea sea más eficaz y más fácil. En este sentido el entrenamiento de los cirujanos es la clave del futuro de la cirugía robótica. Cada sistema robótico debe tener un programa específico de entrenamiento con simuladores quirúrgicos.

Estos simuladores robóticos tendrán un gran impacto en la formación de los cirujanos y podrán ser comparables a los empleados en los entrenamientos de los pilotos de aviación los cuales han llegado a ser tan realistas, que los futuros pilotos realizan en el simulador miles de despegues y aterrizajes perfectos antes de efectuar el primer vuelo real.

Con la creación de simuladores quirúrgicos robóticos se modificará drásticamente la enseñanza práctica de la Cirugía que tradicionalmente se ha realizado en pacientes, modalidad cada vez menos aceptada por la sociedad, sobre todo en los procedimientos de alto riesgo. Además estos simuladores también pueden constituir una herramienta objetiva para comprobar y evaluar la destreza y el grado de aprendizaje quirúrgico de los cirujanos en formación, antes de permitirles realizar operaciones sobre los pacientes.

La incorporación a los simuladores quirúrgicos de los últimos avances en **realidad virtual** mejorará el entrenamiento de los futuros cirujanos. En este sentido hay que destacar la visualización de imágenes anatómicas en tres dimensiones, obtenidas a partir de exploraciones digitales del propio paciente (TAC ó Resonancia Magnética) sobre las que el cirujano puede realizar un gran número de simulaciones quirúrgicas antes de llevar a cabo la operación. Estas **imágenes virtuales** permiten ver no solo la anatomía normal sino también situaciones patológicas, como un tumor, pudiendo penetrar literalmente en el interior de la masa para observar el grado de infiltración y además buscar metástasis ganglionares.

Para que estos **órganos virtuales** reproduzcan las propiedades físicas y fisiológicas de los órganos reales se están incorporando, por un lado, sistemas de **modelos deformables** que permiten su comportamiento de forma realista ante la aplicación de la fuerza de las maniobras quirúrgicas (cortes, punciones, suturas, etc.) y, por otro, **programas de modelización** que “dotan” de riego sanguíneo a estos órganos virtuales, lo que incrementa el realismo del simulador.

La **realidad aumentada** se define como la combinación o superposición de situaciones del mundo real con otros datos que son generados por ordenador. Actualmente tanto el concepto como la investigación sobre **realidad aumentada** se centran fundamentalmente en la combinación de imágenes de video, obtenidas en vivo y en tiempo real, sobre las que se proyectan imágenes generadas digitalmente por ordenador. En el caso de la robótica quirúrgica la **realidad aumentada** consiste en superponer y fusionar sobre las imágenes reales procedentes del campo operatorio de un paciente, imágenes obtenidas de exploraciones digitales realizadas previamente a ese mismo paciente, sobre estas mismas regiones anatómicas (TAC, RMN, angiografías, ecografías, etc.).

De esta manera se pueden observar en el monitor del sistema robótico, no solo las imágenes de las estructuras anatómicas reales sino también otras **fusionadas** sobre ellas y que permiten ver, por ejemplo, la estructura vascular de los órganos, normal o patológica (coronariopatías), la localización de una masa tumoral en una víscera, o la existencia de posibles lesiones en su interior (por ejemplo valvulopatías cardiacas), todo ello sin necesidad de ser visualizadas directamente lo cual facilitará la cirugía y la hará más precisa, más segura y más eficaz ya que se proporciona al cirujano la posibilidad de disponer de una “**visión de rayos X**” que le podrá guiar en el campo operatorio, identificando más fácilmente la lesión que debe extirpar o reparar, así como las estructuras que ha de respetar.

Además, los simuladores con **realidad aumentada** ofrecen la posibilidad de que, antes de realizar una intervención quirúrgica más o menos compleja, el cirujano pueda planearla y ensayarla con antelación basándose en las imágenes obtenidas de las exploraciones digitales previas utilizadas para efectuar el diagnóstico (TAC, RMN, etc.). De esta manera, una vez establecido el procedimiento óptimo, se podría incluso programar para que posteriormente sea realizado de forma automatizada por el robot bajo la supervisión del cirujano.

Por otra parte, se está llegando aun más lejos en la interacción con los sistemas de imágenes. En este sentido, y mediante el adecuado tratamiento informático de las imágenes digitales, se está trabajando actualmente para poder realizar intervenciones de **bypass** coronario en un corazón latiente pero que el cirujano lo perciba y lo observe en situación de **parada cardiaca virtual**. Esto se puede conseguir mediante la sincronización de los movimientos de la cámara de video y del instrumental quirúrgico del robot, con los movimientos de cada latido del corazón. De esta manera el cirujano operaría sobre un campo estático, con el corazón en **parada cardiaca virtual**, cuando en realidad el corazón y las coronarias están en movimiento, facilitándose así la intervención e incrementándose la precisión quirúrgica.

### **Telemonitorización quirúrgica**

Consiste en que un cirujano puede aconsejar y guiar a otro que esté operando a kilómetros de distancia. Ambos cirujanos comparten la misma visión del campo operatorio y el control sobre el sistema robótico, comunicándose a través de micrófonos. Este sistema se utiliza para que cirujanos expertos aconsejen y dirijan a jóvenes cirujanos con menor experiencia, durante la realización de procedimientos quirúrgicos. Y todo ello gracias a la posibilidad de poder conectarse un robot quirúrgico a un sistema de telecomunicaciones.

Este sistema puede ser utilizado para la formación a distancia en técnicas de cirugía mínimamente invasiva de cirujanos que, por diferentes motivos, no puedan desplazarse a los centros especializados donde poder iniciarse en el aprendizaje de estas técnicas quirúrgicas o donde poder aprender sus últimos avances. También puede ser aplicado para completar la formación quirúrgica de aquellos cirujanos que se han iniciado en estas técnicas en los centros especializados y que necesitan completar su curva de aprendizaje en hospitales situados en regiones remotas o en zonas rurales despobladas con escasos recursos formativos en el área quirúrgica.

A este tipo de actividad también se le conoce con el nombre de **Telecontrol** y **Teleconsejo Quirúrgico** ya que permite, desde la distancia, el seguimiento de la enseñanza así como el consejo y la ayuda a cirujanos en formación que necesiten el asesoramiento de un cirujano experto. Este podría contactar con el cirujano en formación, pudiendo tomar el control y “asistir” a la intervención, ayudando a resolver las dudas y problemas surgidos durante la misma.

Esta aplicación revolucionaría el concepto de formación y entrenamiento quirúrgico

ya que se puede establecer un “cordón umbilical” entre jóvenes cirujanos en formación y profesores de cirugía con mucha más experiencia, pudiéndose enseñar o dirigir la aplicación de una técnica avanzada o completamente nueva, en un lugar remoto y en tiempo real. Además, esta actividad podría realizarse a escala internacional lo cual constituiría una importante y potente herramienta de ayuda y de enseñanza en estas particulares condiciones.

Esta situación, que hace poco tiempo podría considerarse utópica, en la actualidad ya constituye una realidad. En Hamilton, Ontario (Canadá), la Universidad de McMaster y el Hospital de St. Joseph han creado lo que se considera el primer proyecto mundial de [Telecontrol](#) y [Teleconsejo Quirúrgico](#), dirigido por el Dr. Mehran Anvari desde el [Centre for Minimal Access Surgery](#). Se trata de un centro de enseñanza de cirugía de acceso mínimamente invasivo para los cirujanos de todas las regiones del país, los cuales son formados en esta cirugía y una vez que se reintegran a sus hospitales, en áreas muy alejadas de las zonas urbanas pobladas, continúan siendo supervisados y controlados en su entrenamiento quirúrgico y se les proporcionan consejos sobre dudas de aspectos concretos, en tiempo real, mientras realizan su actividad en el quirófano.

### **Telecirugía remota**

La [Telecirugía](#) es el acto quirúrgico que se realiza por un cirujano ubicado en una situación distante respecto a la del paciente. Esta “situación distante” puede consistir en varios metros o en varios cientos o miles de kilómetros.

La manipulación robótica quirúrgica a distancia se realizó inicialmente mediante cables de varios metros de longitud para unir entre sí la acción del cirujano sobre el paciente, dentro del mismo quirófano. El reto consistía en saber cómo podían afectar a este tipo de cirugía los límites de la distancia. Las investigaciones en este sentido conducían siempre a la imposibilidad de reducir la [latencia](#) o [tiempo que transcurre](#) entre la acción del cirujano situado remotamente y el retorno de la imagen, con la acción efectuada sobre el paciente, a la correspondiente consola robótica donde se encuentra el cirujano. Así, un enlace vía satélite introduce una latencia de 600 milisegundos que hace imposible una manipulación quirúrgica con garantías de seguridad.

Las operaciones quirúrgicas a distancia han sido y son fomentadas y auspiciadas por la NASA y por la Secretaría de Defensa de Estados Unidos. La NASA ha llevado a cabo, en octubre de 2004, una experiencia de [Telecirugía simulada](#) dentro del [programa NEEMO \(NASA Extreme Environment Mission Operatios\)](#). El objetivo consistía en probar la viabilidad de los sistemas de telecirugía para solucionar situaciones de urgencias quirúrgicas que puedan presentarse tanto en la misión de la Estación Espacial Internacional como en los futuros viajes tripulados a la Luna y a Marte, para asegurar la salud de los astronautas y, por tanto, el éxito de estas misiones, dado el desorbitado coste que supondría evacuar a la tierra a estos astronautas o incluso la práctica imposible de hacerlo.

Este programa se llevó a cabo en una instalación submarina llamada [Aquarius](#) situada a 19 metros de profundidad en el océano Atlántico, y a 5,6 Km. de la costa en Cayo Largo, Florida. Este hábitat submarino fue diseñado para reproducir las mismas condiciones ambientales extremas de la Estación Espacial Internacional, tanto físicas (tiene el mismo tamaño del módulo de servicio) como psicológicas. En este reducido espacio se encontraba la tripulación compuesta por 6 miembros entre los que se encontraba un médico de familia que no tenía formación quirúrgica alguna.

Los ensayos de telecirugía se efectuaron sobre un maniquí quirúrgico, utilizándose un sistema robótico Zeus en versión reducida de un solo brazo dado el escaso espacio de que se disponía, el cual era manejado por un cirujano desde el Hospital St. Joseph en Ontario (Canadá) a 2.500 kilómetros de distancia, quien con ayuda de la tripulación [realizó intervenciones simuladas](#) de colecistectomía, apendicectomía, drenaje de abscesos, suturas arteriales, suturas nerviosas, y nefrostomías.

Respecto a la utilización de la telecirugía remota en el frente de combate, el Pentágono está financiando actualmente el proyecto de un sistema robótico llamado [Trauma Pod Battlefield Medical Treatment System](#) destinado a recoger soldados en el campo de batalla, inmediatamente después de ser heridos, valorar sus heridas y efectuar un tratamiento quirúrgico inicial para estabilizarlo, y posteriormente ser evacuados a un hospital de campaña.

Dado que el 90% de las muertes de soldados en combate se producen, antes de poder ser evacuados, por hemorragia secundaria a lesiones de los grandes vasos de las extremidades, el objetivo inmediato del proyecto es el de conseguir de forma remota, detener una hemorragia y posteriormente suturar y anastomosar los vasos sanguíneos. Todo esto realizado con un sistema que se conecte de forma inalámbrica, que no proporcione su posición al enemigo y que sea suficientemente manejable, ágil y resistente para que pueda actuar bajo el fuego de combate. La idea no es nueva y el proyecto retoma el iniciado a finales de los años 80 y que dio origen al desarrollo del robot Da Vinci.

Los actuales sistemas robóticos además de aumentar y mejorar las prestaciones humanas, proporcionan la única posibilidad de realizar actuaciones quirúrgicas en lugares remotos. Las intervenciones quirúrgicas remotas requieren, como elemento fundamental, una rápida y segura transmisión de la información para conseguir un adecuado [tiempo de latencia](#). Investigaciones realizadas en este sentido han demostrado que el máximo de latencia compatible con la realización de una manipulación quirúrgica a distancia con garantías de seguridad oscila, aproximadamente, entre 200 y 300 milisegundos.

El sistema robótico Zeus ha permitido llevar a cabo una intervención quirúrgica en la que el paciente se encontraba en Francia y el cirujano en los Estados Unidos. Entre ambos se estableció una conexión de alta velocidad (cable de fibra óptica) que logró reducir la latencia a menos de 200 milisegundos, pudiéndose así realizar con éxito esta intervención quirúrgica remota.

Esta primera operación de [telecirugía transoceánica](#) se realizó el 7 de septiembre de 2001. Desde Nueva York, Jacques Marescaux, cirujano del Hospital Universitario de Estrasburgo, tardó 54 minutos en extraer la vesícula biliar de una paciente de 68 años que se encontraba en un quirófano de esa ciudad de Francia. Esta intervención fue denominada [Operación Lindbergh](#) en recuerdo y homenaje de la gesta del aviador Charles Lindbergh quien en el año 1927 realizó por primera vez un vuelo, en solitario y sin repostar, a través del océano atlántico, volando desde Nueva York a París a bordo de su avión [Espíritu de San Luís](#). En este caso ha sido el acto quirúrgico el que ha cruzado el océano atlántico.

En esta intervención quirúrgica, el [terminal o subsistema del cirujano](#) estaba situado en Nueva York y el [subsistema del paciente](#) en Estrasburgo. Sendos ordenadores conectados a canales de comunicación de alta velocidad enlazaron los dos subsistemas. La conexión entre ambas ciudades fue establecida por la empresa [France Télécom](#) a través de una red de fibra óptica en la que se reservó, durante la interconexión, un ancho de banda de 10 Mb/s.

La ubicación del cirujano se tuvo que realizar en un edificio no médico en Manhattan (oficinas de [France Télécom](#)) precisamente para poder disponer de la adecuada conexión a la red de fibra óptica, no disponible en la institución hospitalaria donde se había planeado inicialmente su ubicación. El equipo quirúrgico de Estrasburgo realizó el neumoperitoneo, preparó los brazos del robot y colocó los trocares. La intervención se realizó sin complicaciones y sin que se produjeran interrupciones en la transmisión de los movimientos quirúrgicos, ni degradación de la señal de video.

Al margen de esta experiencia puntual, se ha iniciado programa piloto de Telecirugía en Canadá, donde 10 millones de habitantes viven en áreas rurales escasamente pobladas. Desde el [Centre for Minimal Access Surgery](#) del Hospital de St. Joseph en la Universidad de McMaster de Hamilton, Ontario, el 28 de febrero de 2003, se realizó la primera de una serie de intervenciones mediante telecirugía entre hospitales, a un paciente ingresado en el Hospital General de North Bay, una comunidad rural situada a 400 kilómetros de distancia. La infraestructura de la telecomunicación mediante fibra óptica fue proporcionada por la empresa [Bell Canadá](#).

Las experiencias en [telecirugía remota](#) han sido realizadas siempre con el sistema robótico Zeus. Sin embargo el sistema [Da Vinci](#) ha sido modificado y capacitado para la telecirugía y así, en abril de 2005, en el [American Telemedicine Association Meeting](#) se realizó con este sistema una nefrectomía en un cerdo ubicado en Sunnyvale, CA, desde el Centro de Convenciones de Denver, a 900 millas de distancia.

La implantación a gran escala de los sistemas quirúrgicos robóticos, con su gran potencial para mejorar la precisión y la capacidad de los cirujanos, dependerá de la solución de algunos aspectos concretos (precio, tamaño y peso, alargamiento del tiempo operatorio y de la ocupación quirúrgica, etc.).

La aplicación de los sistemas quirúrgicos robóticos al campo de la enseñanza de la

cirugía es actualmente una realidad que en el futuro modernizarán y revolucionarán los métodos de formación y entrenamiento de los cirujanos.

Actualmente se ha demostrado que puede realizarse la [telecirugía humana de larga distancia](#) con garantías de seguridad, tanto desde el punto de vista de la viabilidad técnica como de la seguridad clínica. Sin embargo, para que la [telecirugía remota](#) pueda introducirse en la práctica clínica de manera rutinaria se necesitan resolver problemas concretos, como la ausencia de comunicaciones por cable óptico de alta velocidad en la mayoría de los hospitales; el elevado coste derivado no solo del precio de los actuales sistemas robóticos sino también del uso de las líneas de telecomunicación; los posibles conflictos de jurisdicción por problemas de licencias médicas en diferentes países o estados; los problemas médico-legales derivados no solo de la posible mala praxis quirúrgica, sino también por eventuales fallos en el equipamiento robótico o por excesivo retraso en la transmisión, etc.

En un futuro, la implantación de la telecirugía teóricamente eliminaría las limitaciones de tipo geográfico que condicionan el tratamiento que reciben determinados pacientes, debido a la falta de disponibilidad de cirujanos expertos. De esta manera, cualquier paciente podría recibir el tratamiento más apropiado y más moderno, lo cual podría tener un mayor impacto en países en vías de desarrollo donde la asistencia sanitaria es frecuentemente proporcionada por voluntarios que no necesariamente tienen experiencia en todos los campos de la medicina y de la cirugía.

Finalmente, hay que tener presente que la telecirugía remota se encuentra íntimamente asociada a los sistemas robóticos y a las tecnologías de la comunicación y, por consiguiente, se beneficiará de la evolución que en el futuro se produzca en estos campos, siendo de gran importancia la aplicación de los avances en el terreno de la [realidad virtual](#), de la [realidad aumentada](#) y de la [simulación quirúrgica](#). La combinación de estas técnicas podría conducir a una nueva era en donde fuese posible la realización de una [Telecirugía semiautomática](#) o incluso [completamente automática](#). En este sentido, el doctor Richard Savata, cirujano pionero en el desarrollo de la cirugía robótica, considera que en los próximos 40–50 años la cirugía se llevará a cabo mediante sistemas robóticos y de manera completamente automatizada.

Los robots quirúrgicos, cada vez más sofisticados, continuarán incrementando su utilidad y cada vez serán más y más utilizados. En un futuro próximo cambiarán, con total seguridad, la fisonomía y estructura de las salas de operaciones y además mejorarán drásticamente los resultados de los procedimientos quirúrgicos, sobre todo de los realizados mediante cirugía de acceso mínimamente invasivo ya que han sido diseñados, precisamente, para superar las dificultades y las limitaciones técnicas de esta cirugía, la cual llegará a ser más segura, más fácil y, por tanto, más asequible. En este sentido, algunos autores consideran que la cirugía laparoscópica ha constituido una tecnología de transición hacia la cirugía robótica.

Y si consideramos que la cirugía de acceso mínimamente invasivo ha revolucionado el mundo de la cirugía moderna, la cirugía robótica se está convirtiendo actualmente en el paradigma de la cirugía de nuestra era y de su futuro.

Las posibilidades para ampliar, mejorar y aplicar los sistemas quirúrgicos robóticos solo estarán limitadas por la propia imaginación humana y por el coste económico de los mismos.

### BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- Ballantyne, G.H.; Moll, F. 2003. The Da Vinci telerobotic surgical system: the virtual operative field and telepresence surgery. *Surg Clin N Am*, 83:1293-1304.
- Batellini, R.; Falk, V.; Mohr, F. 2003. Cirugía coronaria mini invasiva asistida por computadora (robótica). *Rev Arg Cardiol*, 71:302-06.
- Diodato, M.D.; Damiano, R.J. 2003. Robotic cardiac survey: overview. *Surg Clin N Am*, 83:1351-67.
- Galvani, C.; Horgan, S. 2005. Robots en cirugía general: presente y futuro. *Cir Esp*, 78:138-47.
- Gould, J.C.; Melvin, W.S. 2003. Telerobotic foregut and esophageal surgery. *Surg Clin N Am*, 83:1421-27.
- Fabrizio, M.D.; Lee, B.R.; Chan, D.Y.; et al. 2000. Effect of time delay on surgical performance during telesurgery manipulation. *J Endourol*, 14:1331-38.
- Falcone, T.; Goldberg, J.M. 2003. Robotics in gynecology. *Surg Clin N Am*, 83: 1483-89.
- Falk, V.; Jacobs, S.; Gummert, J.; Walter, T. 2003. Robotic coronary artery bypass grafting (CABG) The Leipzig experience. *Surg Clin N Am*, 83:1381-86.
- Hashizume, M.; Sugimachi, K. 2003. Robotassisted gastric surgery. *Surg Clin N Am*, 83:1429-44.
- Jacob, B.P.; Gagner, M. 2003. Robotics and general surgery. *Surg Clin N Am*, 83:1405-19.
- Kurley, K.C.; Moses, G.R. 2006. Los usos de los robots quirúrgicos. Disponible en: [http://www.intramed.net/actualidad/art\\_1.asp?nomCat=Articulos&IDactualidad=41804](http://www.intramed.net/actualidad/art_1.asp?nomCat=Articulos&IDactualidad=41804)
- Kypson, A.P.; Nifong, L.W.; Chitwood, W.R. 2003. Robotic mitral valve surgery. *Surg Clin N Am*, 83:1387-1403.

- Levis, D. 1977. Realidad virtual y educación. Disponible en:  
[http://www.diegolevis.com.ar/secciones/Articulos/master\\_eduvirtual.pdf](http://www.diegolevis.com.ar/secciones/Articulos/master_eduvirtual.pdf)
- Maddern, G.J. 2007. Robotic surgery: will it be evidence-based or just “toys for boys”?  
Med J Australia, 186:221-222.
- Marescaux, J.; Leroy, J.; Rubino, F., et al. 2002. Transcontinental robot assisted remote telesurgery: Feasibility and potential applications. Ann Surg, 4:487-92.
- Marescaux, J.; Rubino, F. 2003. The Zeus robotic system: experimental and clinical applications. Surg Clin N Am, 83:1305-15.
- Martínez Ramos, C. 2006. Robótica y cirugía laparoscópica. Cir Esp, 80:189-94.
- Martínez-Ramos, C. 2008. Robótica y medicina. Med Clin (Barc), 130:136- 138.
- Meier, U.; Monserrat, C.; Alcañiz, M.C. y col. Simulación quirúrgica. 2003. Disponible en:  
<http://www.dsic.upv.es/~cmonserr/Articulos/Simul2003.pdf>
- Ortiz Oshiro, E.; Álvarez Fernández-Represa, J. 2008. Introducción de la Cirugía Robótica en la red sanitaria pública española. En “Influencia de Vara López en la cirugía española”. Coordinad. Cerquella, C.M.; Vaca, D. Madrid. Págs. 241-252. ISBN. 978-84-691-0825-3.
- Satava, R.M. 2003. Robotic surgery: from past to future. A personal journey. Surg Clin N Am, 83: 1491-1500.
- Sung, G.T.; Gill, I.S. 2003. Robotic renal and adrenal surgery. Surg Clin N Am, 83:1469-82.
- Vilallonga, R.; López Cano, M.; Armengol Carrasco, M. 2007. La robótica y la cirugía al alcance de nuestras manos virtuales. Cir Esp, 82:313-13.

### RECURSOS ELECTRONICOS

- Computer Motion to start patent infringement war on medical robotics against Intuitive Surgical. Disponible en:  
<http://www.hoise.com/vmw/00/articles/vmw/LVVM070018.html>
- Christensen, B. Trauma Pod Battlefield Medical Treatment System. Disponible en:  
<http://www.technovelgy.com/ct/ScienceFictionNews.asp?NewsNum=364>
- Elias, P. Pentagon invests in unmanned trauma pod. Disponible en:  
[http://www.usatoday.com/tech/news/20050328traumapodpentagon\\_x.htm](http://www.usatoday.com/tech/news/20050328traumapodpentagon_x.htm)
- Ideals inspire medical innovators. 2003. Disponible en: <http://news.bahai.org/story/210>

Intuitive Surgical and Computer Motion to merge. Disponible en:

[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m0BPC/is\\_4\\_27/ai\\_100484220](http://findarticles.com/p/articles/mi_m0BPC/is_4_27/ai_100484220)

Jackson, W. Sea medicine. Disponible en: [http://www.gcn.com/print/23\\_29/273961.html](http://www.gcn.com/print/23_29/273961.html)

Kay, S. Remote Surgery. Disponible en:

[http://www.pbs.org/wnet/innovation/episode7\\_essay1.html](http://www.pbs.org/wnet/innovation/episode7_essay1.html)

NASA Extreme Environment mission operations NEMO. Disponible en:

<http://spaceflight.nasa.gov/shuttle/support/training/neemo/neemo7/>

Zeidenberg, J. International teaching centre for keyhole surgery opens in Hamilton.

Disponible en: <http://www.canhealth.com/dec99.html#anchor34332>

Recibido: 30 junio 2009.

Aceptado: 11 julio 2009.