



## Telemedicina y cirugía robótica en ginecología

Omar Felipe Dueñas García,<sup>\*,\*\*</sup> Hugo Rico Olvera,<sup>\*\*\*</sup> Jesús Jorge Beltrán Montoya<sup>\*\*\*\*</sup>

### RESUMEN

Este artículo revisa lo más relevante en cirugía robótica y sus aplicaciones en ginecología. La cirugía es una de las ramas de la medicina que ha logrado más adelantos en los últimos años. La cirugía robótica es una tecnología novedosa con diversas aplicaciones en el campo de la enseñanza y asistencia médica, en la cirugía de invasión mínima y en la microcirugía. Una de sus limitantes es el costo elevado y la disposición de personal capacitado.

**Palabras clave:** cirugía robótica, telecirugía ginecológica.

### ABSTRACT

This paper reviews most relevant issues in robotic surgery and its applications in gynecology. Surgery is one of medicine's branches that have achieved most progress in last years. Robotic surgery is a new technology with several applications in teaching, medical service, minimal invasion surgery, and microsurgery fields. Its restrictions are high cost and skilled personnel.

**Key words:** robotic surgery, gynecologic telesurgery.

### RÉSUMÉ

Cet article fait la révision de ce qu'il y a de plus remarquable en chirurgie robotique et ses applications en gynécologie. La chirurgie est l'une des branches de la médecine qui a atteint plus de progrès dans les dernières années. La chirurgie robotique est une technologie nouvelle avec diverses applications dans le domaine de l'enseignement et l'assistance médicale, dans la chirurgie mini-invasive et dans la microchirurgie. Parmi ses limitations se trouve le coût élevé et la disposition du personnel qualifié.

**Mots-clés :** chirurgie robotique, téléchirurgie, gynécologie.

### RESUMO

Este artigo revisa o mais relevante em cirurgia robótica e suas aplicações em ginecologia. A cirurgia é um dos ramos da medicina que conseguiu mais progressos nos últimos anos. A cirurgia robótica é uma tecnologia inovadora com diversas aplicações no campo de ensinamento e assistência médica dentro da cirurgia de invasão mínima e na microcirurgia. Uma de suas limitações é o alto custo e a disposição de pessoas altamente capacitadas.

**Palavras chave:** Cirurgia robótica, telecirurgia e ginecologia.

\* Médico residente de cuarto año de la especialidad en ginecología y obstetricia.

\*\* Observador del centro avanzado de reproducción de la Cleveland Clinic Foundation.

\*\*\* Médico residente de tercer año de la especialidad en ginecología y obstetricia.

\*\*\*\* Subdirector de enseñanza. Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes.

Correspondencia: Dr. Omar Felipe García Dueñas. Topilejo 30, colonia Lomas Virreyes, CP 11000, México, DF. Teléfono: 5516798161.

E-mail: dugof1@yahoo.com.mx

Recibido: noviembre, 2007. Aceptado: enero, 2008.

Este artículo debe citarse como: Dueñas GOF, Rico OH, Beltrán MJJ. Telemedicina y cirugía robótica en ginecología. Ginecol Obstet Mex 2008;76(3):161-6.

La versión completa de este artículo también está disponible en internet: [www.actualizacionmedica.com.mx](http://www.actualizacionmedica.com.mx)

La cirugía es una de las ramas de la medicina que ha logrado más adelantos en los últimos años. Éstos se iniciaron con el advenimiento de la anestesiología, la técnica aséptica y los antibióticos; evolucionó con la laparoscopia y finalmente la cirugía robótica. La ginecología es una de las áreas con mayor participación en la cirugía.

En este artículo se revisa la evolución y aplicación de la cirugía robótica, como parte de las intervenciones quirúrgicas cotidianas, en algunos centros de atención terciaria de todo el mundo, y se sugiere que no es un experimento o capricho de algunos cirujanos.

## HISTORIA DE LA ROBÓTICA EN LA CIRUGÍA

### Inicios de la cirugía robótica y cirugía a teledistancia

La palabra robot se deriva de *robota*, que en checoslovaco significa trabajo compulsivo. Este término fue utilizado primeramente por el escritor Karen Kapek en su obra *Robots Universales Rossum* en 1921. El Instituto Americano de Robótica define robot como “una máquina de forma humana que realiza tareas de un ser humano, pero sin sensibilidad;<sup>1</sup> por su parte, el *Diccionario de la Real Academia Española* lo señala como “una máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas sólo a las personas”.<sup>2</sup>

La Universidad de Nebraska, Estados Unidos, fue una de las primeras instituciones en emplear métodos de asistencia a distancia (investigación en áreas remotas) en la década de 1950. Sin embargo, fue hasta 1986 cuando se inició el primer programa vía satélite, realizado por la Clínica Mayo en Rochester, Minnesota y la Clínica Scottsdale en Arizona, de videoconferencia y otros métodos de investigación en comunidad, dando lugar a la era de la telemedicina, que posteriormente sentaría las bases de la cirugía a distancia.<sup>3</sup>

El concepto de cirugía robótica con telepresencia nació con el esfuerzo y colaboración del Instituto de Investigación de la Universidad de Stanford, la NASA, y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, para brindar apoyo quirúrgico a los soldados heridos en el campo de batalla. El desarrollo de esta tecnología pasó a manos de civiles y neurocirujanos, específicamente, para más tarde incorporarse al campo de la ginecología.<sup>4</sup>

En 1985 se realizó la primera intervención quirúrgica con un robot; el procedimiento fue de neurocirugía, con el sistema PUMA 560® (Mitsubishi), para obtener una biopsia de tejido cerebral por estereotaxia.<sup>3</sup>

En 1988, en Inglaterra, se creó el sistema PROBOT® (Integrated Surgical Systems) para ayudar en la resección transuretral prostática. Éste fue el primer procedimiento autónomo realizado por un robot. Consistía en la elaboración de un modelo tridimensional de la próstata, donde el cirujano delineaba los límites de la resección y el robot calculaba las trayectorias de corte. En 1992 la empresa IBM y asociados produjeron un prototipo de robot denominado ROBODOC® para intervenciones ortopédicas, que hasta hoy se utiliza en un gran número de procedimientos quirúrgicos para asistir a los cirujanos en los reemplazos totales de cadera.<sup>3</sup>

### Cirugía robótica en México

El 12 de junio de 1996, en la Ciudad de México, se teleasistieron dos colecistectomías a 10 metros de distancia mediante un brazo robótico, con seis grados de pronosupinación, con el que se manipuló el laparoscopio.<sup>2</sup> El 30 de noviembre del 2001, también en la Ciudad de México, se utilizó un brazo robótico para teleasistir una histerectomía vaginal.<sup>5</sup>

En 1997 Antonio García Ruiz, de México, y Tommaso Falcone, de la Cleveland Clinic, realizaron la primera cirugía robótica endoscópica a teledistancia, que consistió en una reanastomosis tubaria. En este procedimiento demostraron la factibilidad de hacer suturas endoscópicas rápidas, fáciles y más precisas que las realizadas con cirugía laparoscópica, según el juicio de los autores.<sup>6</sup>

El 26 de junio de 1996, en el Hospital General Regional número 20 del Instituto Mexicano del Seguro Social en Tijuana, Baja California Norte, Adrián Carvajal y Harry Fogel efectuaron la primera colecistectomía laparoscópica, asistida con un brazo robótico industrial denominado PUMA 6000® (Unimation e Instituto Politécnico Nacional), en modelos porcinos.<sup>2</sup>

En 1998 médicos del Hospital Torre Médica y la compañía Intuitive presentaron una telecirugía a corta distancia con el proyecto da Vinci®; posteriormente, en el año 2001, se realizó la segunda etapa del proyecto Zeus®, donde se efectuaron operaciones del hiato y la vesícula biliar con un sistema de micromuñeca de 5 mm.<sup>2</sup>

El Instituto Mexicano del Seguro Social ofrece, desde el año 2001, el programa educativo de “cirugía robótica” como parte de diplomados de alto nivel de especialización.<sup>2</sup>

## ROBÓTICA Y CÍRUGIA GINECOLÓGICA

### Tipos de asistencia robótica en ginecología

A lo largo de la historia los robots se han clasificado de acuerdo con el tipo de asistencia o la forma en que funcionan en la cirugía. Una división de estos sistemas se realiza, según su participación en la intervención quirúrgica, con modelos pasivos o activos. Entre los pasivos se encuentran los que sirven como “tutores del cirujano”, pues realizan los cálculos y los guían durante el procedimiento (como el ROBODOC®), o los que se utilizan solamente para navegar o asistir con la cámara u otro instrumento (sistema Minerva®).<sup>7</sup> Los activos comprenden los que realizan de forma directa el procedimiento quirúrgico, ya sean autónomos (como el sistema PROBOT®), donde el cirujano efectúa algunos cálculos que la computadora del robot asimila y pone en práctica durante la operación, o el sistema “esclavo” (sistema da Vinci® o Zeus®), donde el robot ejecuta el procedimiento quirúrgico, pero es un cirujano quien lo guía mediante controles especialmente diseñados.<sup>8</sup>

Otro sistema de clasificación robótica se establece según cómo asisten al cirujano y participan en la intervención quirúrgica (cuadro 1).

La aplicación de cirugía robótica en ginecología se basa, primordialmente, en las desventajas de la cirugía ginecológica abierta (incisión abdominal amplia), hospitalizaciones prolongadas, analgesia postoperatoria y morbilidad incrementada. Esto ha llevado a los ginecólogos a buscar abordajes menos invasores para sus pacientes. Inicialmente los condujo al desarrollo de la cirugía laparoscópica, descrita por Ott en 1901, en Petrogrado (ex Unión Soviética), donde se exploró la cavidad abdominal mediante un espejo y un espéculo de pared abdominal (ventroscopia).<sup>9</sup> Sin embargo, hasta 1964, durante el simposio internacional de endoscopia ginecológica, se inició el interés en la esterilización tubaria laparoscópica, la transferencia tubaria de gametos y otros procedimientos. Las ventajas que encontraron con la cirugía laparoscópica, aunque se idearon menos invasoras, conllevan a un adiestramiento arduo, limitación de sólo cuatro grados de pronosupinación para realizar las suturas, y la sujeción de la cámara por parte de alguno de los cirujanos, así como obtener imágenes en una pantalla bidimensional, por lo que nuevamente los ginecólogos se vieron en la necesidad de desarrollar otro abordaje quirúrgico que les brindara las ventajas de la laparoscopia y la posibilidad de una pronosupinación de seis grados, además de una imagen tridimensional,<sup>8,9</sup> por lo que encontraron su respuesta en la tecnología robótica. Ésta se ha convertido en una alternativa quirúrgica que proporciona una operación de invasión mínima, con las ventajas de una técnica quirúrgica abierta tradicional, ya que ofrece una visión tridimensional, posición ergonómica

**Cuadro 1.** Clasificación y ejemplos de robots quirúrgicos según su participación en la cirugía

<i>Tipo de robot</i>	<i>Modelos</i>	<i>Características</i>
Manipulador laparoscópico	AESOP 300® (Computer Motion Inc Goleta Ca.)	Primer sistema robótico utilizado en intervenciones quirúrgicas. El brazo se controla por comandos de voz del cirujano. La desventaja es que el robot no responde rápidamente a los comandos y el cirujano se distrae fácilmente al estar hablando. En México se ha requerido otro ayudante para manipular el brazo robótico a larga distancia; sin embargo, tal vez su única utilidad sea en la teleasistencia, ya que no tiene mayores ventajas que el ayudante en el campo.
Robot con sistema quirúrgico integrado	Zeus® (Computer Motion Inc Goleta Ca.)	Consta de dos subsistemas, el del lado del cirujano (consola y controles), y el del paciente (consiste en los tres brazos robóticos con los instrumentos quirúrgicos). La desventaja de este sistema es que no proporciona una adecuada visión tridimensional. Desde el año 2003 ya no se produce este sistema.
Sistema quirúrgico telerrobótico inmersivo	da Vinci® (Intuitive Surgical. Sunnyvale, Ca.)	Se denomina de esta forma porque permite al cirujano tener un “robot esclavo” que realiza los movimientos encomendados. Tiene visión estereoscópica inmersa y múltiples sensores que permiten una máxima seguridad. Cuenta con tres componentes: la consola, el panel quirúrgico y el sistema de video.

óptima, e instrumentos laparoscópicos con articulación intraabdominal, y sin las limitantes laparoscópicas previamente descritas. En 1998 se realizó el primer estudio de cirugía robótica en humanos, que consistió en una reanastomosis tubaria con laparoscopia, mediante intervención robótica.<sup>10</sup>

### **Ventajas y desventajas de la cirugía robótica**

La finalidad de incluir a la robótica en el campo de la cirugía sugiere ventajas sobre la cirugía laparoscópica o la convencional. La cirugía robótica supone ser superior a la laparotomía, por la mínima invasión y menor riesgo de adherencias; estas ventajas son similares a las que ofrece la laparoscopia, incluida su adecuada visión del campo quirúrgico, magnificación de la imagen y el acceso a sitios difíciles de alcanzar en operaciones abiertas.<sup>7,10</sup> El problema de la cirugía laparoscópica es que brinda una visión en dos planos del campo quirúrgico, la limitación de los arcos de movimiento y el temblor que se produce al manipular los instrumentos, por no ser anatómicos y causar cansancio durante la intervención. Es así como los robots han suplido estas carencias, ya que proporcionan un sistema espacial tridimensional, controles ergonómicos, instrumentos quirúrgicos que emulan los movimientos de la muñeca del cirujano, pueden programarse para filtrar el temblor de la mano del cirujano y realizar procedimientos de microcirugía muy finos y con gran precisión.<sup>1,3</sup>

Las principales limitantes de los equipos incluyen: costo elevado (aproximadamente 1 millón de dólares por cada robot), uso de instrumentos especiales (costo de 2,000 dólares con una vida promedio de 10 intervenciones quirúrgicas), acceso intraabdominal (semejante a una laparoscopia pero con peor resultado estético), costo del mantenimiento y falta de personal capacitado para realizar las operaciones.<sup>11</sup>

### **Aplicación actual de la robótica en la intervención quirúrgica ginecológica**

La cirugía reproductiva es una de las áreas donde se han realizado mayor número de procedimientos robóticos, específicamente reanastomosis tubaria, donde Falcone y Goldberg iniciaron los primeros estudios comparativos, en la Cleveland Clinic, con el sistema robótico Zeus®. En su estudio incluyeron a 10 pacientes y las sometieron a reanastomosis tubaria con polyglactina 910, calibre 6-

0 para el mesosalpinx y 8-0 con el robot Zeus®, e igual número de pacientes con laparoscopia convencional. El estudio mostró un tiempo operatorio de  $159 \pm 33.8$  minutos, con cromotubación positiva en 17 de las 19 trompas reanastomosadas con el robot y tasa de embarazo de 50%.<sup>11</sup> Estudios semejantes han reportado datos alentadores, no superiores a los procedimientos laparoscópicos, aunque la cantidad de pacientes es limitada, por lo que una muestra más grande pudiera inclinarse hacia la cirugía robótica. Se han comparado los costos de la operación convencional y la robótica, pero no tienen muchas diferencias.<sup>7,12</sup>

La cirugía robótica también se ha aplicado al campo de la uroginecología. El estudio más relevante es el de Elliott y colaboradores, donde realizó sacrocolpopexia en sólo cinco pacientes.<sup>13</sup> De igual forma se han descrito miomectomías, cuyos estudios son limitados por el número de pacientes y los tiempos operatorios han sido mayores que los de la laparotomía o laparoscopia.<sup>14</sup>

Algunos procedimientos reportados como casos aislados incluyen: ooforectomía bilateral en una paciente de 16 años de edad por un gonadoblastoma, y la transposición de ovario en una paciente que recibió radioterapia por cáncer cervicouterino en estadio 1B-1, ambos con el sistema da Vinci.<sup>7</sup>

En México se practicó una histerectomía vaginal con el apoyo de un brazo robótico para asistir a la cámara; sin embargo, no hubo mayores ventajas que el operado a distancia. En el 2005 Beste reportó una serie de casos donde se practicaron histerectomías con el sistema da Vinci® (figuras 1 y 2). Los comentarios del autor fueron muy favorables en cuanto a la asistencia del aparato, pues señaló la facilidad para realizar nudos intracorpóreos, pero los tiempos quirúrgicos fueron considerablemente mayores a los de una laparoscopia y sin ofrecer grandes ventajas para la paciente.<sup>5,15</sup>

En la actualidad los procedimientos ginecológicos, realizados con cirugía robótica, se han practicado, entre otros, en: *a)* cirugía reproductiva: reanastomosis tubaria, miomectomía, transposición ovárica, cirugía pélvica reconstructiva, procedimiento tipo Burch, colpopexia; *b)* ginecología en general: histerectomía, cistectomía dermoide, ooforectomía, salpingo-ooforectomía, salpingectomía, ligadura tubaria, etc. *c)* oncología ginecológica: posprocedimientos con histerectomía, linfadenectomía.

La cirugía robótica ha crecido constantemente en los últimos cinco años, particularmente con la introducción del



Figura 1. Consola del sistema da Vinci®.



Figura 2. Brazos robóticos del sistema da Vinci®.

sistema da Vinci, aprobado por la FDA. Con los estudios futuros seguirán observándose innovaciones en la cirugía ginecológica con esta tecnología.

## OTRAS FORMAS DE ASISTENCIA ROBÓTICA EN LA MEDICINA

### Telecirugía y cirugía de telepresencia

La telemedicina quirúrgica se divide en dos grandes áreas: la telecirugía y la cirugía de telepresencia. La primera se define como la capacidad de un cirujano para asistir en un procedimiento quirúrgico cuando se encuentra a distancia del paciente. Esta es una definición ambigua y no debe confundirse con la de cirugía a telepresencia, pues en ésta el cirujano opera o interactúa directamente en la intervención, mediante un sistema robótico, y no solamente participa como guía o tutor.<sup>3</sup> Un ejemplo de telecirugía es el procedimiento realizado en el 2002 a una mujer, en Santiago de Chile, con embarazo gemelar monoamniótico y un feto acárdico sometido a fotocoagulación del cordón umbilical del gemelo acárdico, bajo la guía de un cirujano en Tampa Bay, Florida.<sup>16</sup> Este tipo de procedimientos tiene sus limitantes, ya que el cirujano a distancia requiere adiestramiento específico en la intervención y sólo debe ser guiado o aconsejado. Este método requiere menor presupuesto y es más factible de realizar.

La cirugía de telepresencia implicaba una gran limitante debido al tiempo de retardo en la información (entre la consola y el procedimiento quirúrgico) y a los recursos económicos; sin embargo, esta barrera se abatió en el año 2001 con el proyecto “Lindbergh” (en honor a Charles Lindbergh), ya que se logró una colecistectomía en Estrasburgo, Francia, cuando el cirujano estaba en Nueva York. A pesar del gran éxito en la era de la cirugía robótica, son muy elevados los costos para realizar una operación de esta índole, pues se requiere una gran infraestructura y un cirujano experimentado.<sup>17</sup>

### Futuro de la cirugía robótica

Hoy en día la cirugía robótica tiene una gran limitante en todo el mundo: el aspecto económico. Los costos del sistema da Vinci® son mucho más elevados que una laparotomía u otro procedimiento laparoscópico semejante y que puedan ofrecer mayores ventajas para usarlo, motivo por el cual algunos autores los han llamado “juguetes caros

para médicos".<sup>8</sup> Uno de los puntos prometedores es que a futuro piensan realizarse sistemas más pequeños, los cuales suplan las carencias de movimiento y abaraten los costos, además de incorporar sistemas de imagen (resonancia magnética o topografía computada) que, junto con el robot, permitan al cirujano tener un campo operatorio virtual, que jamás obtendría a simple vista o mediante un laparoscopia común.<sup>4,10</sup>

Desde el punto de vista de la educación, estos sistemas prometen incrementar las habilidades manuales y coordinación de los cirujanos, en modelos de capacitación virtual, como los *pelvic-trainers* en la laparoscopia, pero con la ventaja de que el robot y la computadora sirven de tutores. Esta tecnología también garantiza la incorporación de "teletutores" que adiestren a otros cirujanos, en distintas partes del mundo, en ciertos procedimientos, e inclusive asistir en las operaciones para desplazar los modelos actuales de guías o visores del laparoscopia.<sup>1,4</sup>

## CONCLUSIONES

La aplicación de la robótica ha dado pasos agigantados en el campo de la medicina en las últimas décadas; además ha generado grandes promesas, pero también limitantes de tipo económico, tiempo y efectividad sobre la laparotomía o laparoscopia. A pesar de esto, la cirugía robótica parece ser prometedora en cuanto al adiestramiento de los cirujanos, así como en la cirugía de telepresencia y mentoría de intervenciones quirúrgicas, donde un cirujano más experimentado pueda tutorear a otro en la supervisión de un procedimiento dado. Aún existen preguntas sin respuesta relacionadas con el aspecto ético y médico-legal de la telecirugía, la teleasistencia, e incluso el mismo empleo del robot en las operaciones. Éstas se responderán con el tiempo y definirán el futuro de los robots en la cirugía general y ginecológica.

## REFERENCIAS

1. Rafiq A, Merrell RC. Telemedicine for access to quality care on medical practice and continuing medical education in a global arena. *J Contin Educ Health Prof* 2005;25(1):34-42.
2. Miller H. Cirugía robótica en México. Los sistemas inteligentes, perspectivas actuales y a futuro en el ámbito mundial. *Rev Mex Cir Endoscop* 2003;4(1):45-50.
3. Senapati S, Advincula AP. Telemedicine and robotics: paving the way to the globalization of surgery. *Int J Gynaecol Obstet* 2005;9(3):210-6.
4. Satava RM. Looking forward. *Surg Endosc* 2006;20(2):503-4.
5. Mosso JL, Minor A, Lara V, García R, Nava C. Histerectomía vaginal videoasistida a través de un brazo robótico: reporte de un caso. *Cir Ciruj* 2002;70(2):105-8.
6. Falcone T, Goldberg J, Garcia-Ruiz A, Margossian H, Stevens L. Full robotic assistance for laparoscopic tubal anastomosis: a case report. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 1999;9(1):107-13.
7. Dharia SP, Falcone T. Robotics in reproductive medicine. *Fertil Steril* 2005;84(1):1-11.
8. Maddern GJ. Robotic surgery: will it be evidence-based or just "toys for boys"? *Med J Aust* 2007;186(5):221-2.
9. Sackier JM, Berci G. Diagnostic and interventional laparoscopy for the general surgeon. *Contemp Surg* 1990;37:15-26.
10. Berlinger NT. Robotic surgery-squeezing into tight places. *N Engl J Med* 2006;354(20):2099-101.
11. Perez A, Zinner MJ, Ashley SW, Brooks DC, Whang EE. What is the value of telerobotic technology in gastrointestinal surgery? *Surg Endosc* 2003;17(5):811-3.
12. Goldberg JM, Falcone T. Laparoscopic microsurgical tubal anastomosis with and without robotic assistance. *Hum Reprod* 2003;18(1):145-7.
13. Elliott DS, Frank I, Dimarco DS, Chow GK. Gynecologic use of robotically assisted laparoscopy: Sacrocolpopexy for the treatment of high-grade vaginal vault prolapse. *Am J Surg* 2004;188(4A):52-6.
14. Advincula AP, Song A, Burke W, Reynolds RK. Preliminary experience with robot-assisted laparoscopic myomectomy. *J Am Assoc Gynecol Laparosc* 2004;11(4):511-8.
15. Beste TM, Nelson KH, Daucher JA. Total laparoscopic hysterectomy utilizing a robotic surgical system. *JSL* 2005;9(1):13-5.
16. Quintero RA, Munoz H, Pommer R, Diaz C, Bornick PW, Allen MH. Operative fetoscopy via telesurgery. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;20(4):390-1.
17. Larkin M. Transatlantic, robot-assisted telesurgery deemed a success. *Lancet* 2001;358(9287):1074.