

## La robótica en Ginecología. Antecedentes, viabilidad y conveniencia

Rodrigo Ayala Yáñez,<sup>\*,\*\*</sup> Emilio José Olaya Guzmán,<sup>\*,\*\*</sup> Francisco Javier Hagenbeck Altamirano<sup>\*</sup>

### RESUMEN

**Antecedentes:** la cirugía robótica es una tecnología producto de la fusión y perfeccionamiento de la laparoscopia: la robótica y la tele-presencia. Tras un largo proceso de experimentación en el que se probaron varias aplicaciones e innovaciones de esas tres tecnologías, se desarrolló el único sistema actualmente aprobado para su utilización en humanos: el sistema *Da Vinci* de la empresa *Intuitive Surgical*. La Ginecología es una de las disciplinas precursoras en el uso de la laparoscopia, porque ofrece un gran potencial para la utilización de la robótica por su aplicabilidad en histerectomías, miomectomías, endometriosis, en la uroginecología y particularmente en la oncología. En México no se han publicado estudios de la experiencia clínica con cirugía robótica en ginecología. El costo del equipo es su principal inconveniente.

**Objetivo:** revisar la experiencia clínica de las instituciones extranjeras que ya cuentan con tecnología robótica y analizar el costo, eficacia y beneficio de la misma.

**Conclusiones:** la adquisición de esta tecnología sólo podría considerarse después de una evaluación de la eficacia y ventajas respecto de las necesidades institucionales. La clave para el uso óptimo de la tecnología robótica es abatir costos y disminuir la curva de aprendizaje, lo que implica mayor competencia en el mercado entre los diversos sistemas de esta tecnología y que las instituciones con alto volumen de casos se decidan a capacitar a su personal para que adquiera experiencia.

**Palabras clave:** robótica, ginecología, laparoscopia, análisis de rentabilidad.

### ABSTRACT

**Background:** Robotic surgery is a technology that emerged from the fusion and improvement of laparoscopy, robotics and telepresence. All these three technologies underwent a long experimentation process in which several applications and innovations were tested until the only system approved for use in humans was developed: the *Da Vinci* system by Intuitive Surgical Inc. Gynecology, being one of the pioneer branches of Medicine involved in the development of laparoscopy, is one of the fields with the greatest possibilities for robotics, which offers great diversity of applications in hysterectomies, myomectomies, endometriosis, and in the fields of urogynecology and, most importantly, oncology. There are no publications in Mexico with a proper description of the clinical experience with gynecologic robotic surgery, though a great amount of clinical experience has been accumulated in institutions that already have such equipment. A serious evaluation of the cost-benefit ratio is required because of the high cost of this technology.

**Objective:** Evaluate and analyze the accumulated experience on this technology of foreign institutions in order to assess the benefits, cost and effectiveness of robotic surgery.

**Conclusion:** The key to the optimal use of robotic technology is to diminish costs and speed the learning curve, and this implies the entry of other systems into the market as well as institutions with a high volume of patients and determined to invest in a highly trained and skilled surgical team. In order to recommend its implementation in our country an assessment of the efficiency and advantages of robotic technology considering institutional needs is mandatory.

**Key words:** robotics, gynecology, laparoscopy, cost-benefit analysis.

### RÉSUMÉ

**Antécédents:** la chirurgie robotique est une technologie produit de la fusion et perfectionnement de la pour: la robotique, de la téléprésence. Après un long processus d'expérimentation qui ont été testés plusieurs applications et innovations de ces trois technologies, s'est déroulée le seul système actuellement approuvé pour son utilisation chez l'homme: le système *Da Vinci* de l'entreprise *Intuitive SURGICAL*. La gynécologie une des disciplines précurseurs de l'utilisation de la pour, parce qu'elle offre un grand potentiel pour l'utilisation de la robotique par son applicabilité dans hystérectomies, myomectomies, endométriose, dans la urogynécologie et particulièrement dans l'oncologie. Au Mexique n'ont pas été publiés des études de l'expérience clinique de chirurgie robotique en gynécologie. Le coût du matériel est son principal inconvénient.

**Objectif:** réviser l'expérience clinique des institutions étrangères qui disposent déjà de technologie robotique et d'analyser le coût, efficacité et de l'intérêt de la même. **Conclusions:** l'acquisition de cette technologie ne pourrait être considérée comme après une évaluation de l'efficacité et avantages par rapport aux besoins institutionnels. La clé pour l'utilisation optimale de la technologie robotique est abattre coûts

et diminuer la courbe d'apprentissage, ce qui implique plus de concurrence sur le marché entre les divers systèmes de cette technologie et que les institutions de volume élevé de cas décidées à former leur personnel d'acquérir expérience mots clefs: robotique, gynécologie, pour, d'analyse de rentabilité.

## RESUMO

**Antecedentes:** A cirurgia robótica é um produto da tecnologia de fusão e desenvolvimento da laparoscopia: robótica e telepresença. Depois de um longo processo de experimentação em que eles testaram diversas aplicações e inovações dessas três tecnologias, desenvolveu o único sistema atualmente aprovado para uso em seres humanos: o sistema da Vinci da empresa Intuitive Surgical. Ginecologia precursor das disciplinas no uso da laparoscopia, que oferece grande potencial para a utilização da robótica para a sua aplicabilidade a histerectomia, a miomectomia endometriose, em particular em uroginecologia e oncologia. No México não há estudos publicados sobre a experiência clínica com a cirurgia robótica em ginecologia. O custo do equipamento é a sua principal desvantagem.

**Objetivo:** Revisar a experiência clínica de instituições estrangeiras que já possuem a tecnologia robótica e analisar a relação custo-eficácia e se beneficiar dele.

**Conclusões:** A aquisição dessa tecnologia só poderia ser considerada após uma avaliação da eficácia e as vantagens sobre as necessidades institucionais. A chave para a melhor utilização possível da tecnologia robótica é reduzir os custos e reduzir a curva de aprendizado, o que significa mais concorrência no mercado entre os vários sistemas de esta tecnologia e que instituições com grande volume de casos, eles decidem formar o seu equipe para ganhar experiência

**Palavras-chave:** robótica, ginecologia, laparoscopia, análise de rentabilidade.

**L**a robótica es una rama de la ingeniería dedicada al diseño y construcción de agentes mecánicos inteligentes con la capacidad de emular los movimientos humanos de manera automática o bajo una guía electrónica. El término fue acuñado por el escritor checo Karel Čapek (derivado de la palabra checa *robot*: trabajador) en su obra *Rossum's Universal Robots* (1920),<sup>1</sup> donde describe personajes androides con características similares a lo que consideramos hoy, particularmente en ciencia ficción, un robot. En los robots actuales se busca la capacidad de desplazarse, mover un brazo mecánico, percibir y manipular su ambiente y exhibir algún comportamiento inteligente.<sup>2</sup> El propósito es emular y reemplazar los movimientos humanos; lo que se ha logrado en la industria, ciencia, tecnología y, ahora, medicina.

## Historia y antecedentes

Dos tecnologías contribuyeron al uso de los sistemas robóticos actuales en medicina. En primer término, la cirugía laparoscópica. Jaques Perrisat (1981) realizó en Francia la primera colecistectomía por laparoscopia. Las desventajas principales de esta tecnología eran un grado bajo de movilidad y malas percepción de la imagen y sensibilidad tactil.<sup>3</sup>

Después, la “realidad virtual” dentro de la robótica y telepresencia, tecnología desarrollada por Fisher de la NASA y Rosen de la Universidad de Stanford. El avance de esta tecnología fue impulsado por las autoridades médica militares de Estados Unidos. La Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada del Pentágono (ARPA), interesada en llevar al cirujano al campo de batalla sin exponer su vida, desarrolló el proyecto. Al mismo tiempo, Paul, Berger y Taylor en *International Business Machines* (IBM) ya estaban desarrollando dos proyectos: el brazo PUMA y un sistema llamado Robodoc.<sup>3,4</sup> El ejército estadounidense creó la Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados de Defensa (DARPA), que desarrolló un equipo remoto de atención médica quirúrgica avanzada para el frente de batalla que no exponía al cirujano. Los procedimientos se realizaban por una serie de brazos robóticos bajo control remoto. Un problema era el amplio tiempo de latencia en cada una de las señales transmitidas a gran distancia para generar los movimientos, lo que disminuía la precisión y la utilidad en esas unidades remotas.<sup>4</sup>

---

\* Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes. México, DF.

\*\* Centro Médico ABC, México, DF.

Correspondencia: Dr. Rodrigo Ayala Yáñez. Montes Urales 800. Lomas Virreyes, México 11000, DF.

Correo electrónico: rayalaabc@gmail.com

Recibido: 15 de febrero 2012. Aceptado: 19 de abril 2012

Este artículo debe citarse como: Ayala-Yáñez R, Olaya-Guzmán EJ, Hagenbeck-Altamirano J. La robótica en ginecología. Antecedentes, viabilidad y conveniencia. Ginecol Obstet Mex 2012;80(6):409-416.

En 1992, Wang desarrolló el Sistema Óptimo de Posicionamiento Endoscópico (AESOP),<sup>5</sup> el primero aprobado por la Agencia de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA). Posteriormente, Moll obtuvo la licencia para el sistema *SRI Green Telepresence Surgery*, con lo que inició *Intuitive Surgical Inc.*, empresa que introduciría el sistema *Da Vinci* en 1997. La primera cirugía exitosa con esta tecnología la realizaron en Bélgica los médicos Himpens y Cardiere.<sup>5</sup>

El objetivo de esta revisión es determinar la eficacia y aplicaciones (procedimientos ginecológicos) que a la fecha se le ha dado a la cirugía robótica en el extranjero, ya que en México no existen estudios publicados que reporten resultados con pacientes tratadas con cirugía robótica. Se busca establecer si esta tecnología sería aplicable y útil en nuestras instituciones, así como las condiciones y características necesarias para iniciar un programa de atención ginecológica de cirugía robótica en nuestro país.

### Robótica en Ginecología

El sistema *Da Vinci* de *Intuitive Surgical* es el único sistema aprobado por la FDA para su utilización en humanos dentro de Estados Unidos. Su empleo en Ginecología es relativamente reciente (2005). El equipo *Da Vinci* está diseñado para trabajar en un dominio anatómico o compartimento; en este caso, la pelvis femenina.<sup>6</sup> Entre las pacientes más beneficiadas en ginecología por esta tecnología, están las que padecen cáncer ginecológico y endometriosis avanzada.

### Histerectomía

La histerectomía es uno de los procedimientos ginecológicos más frecuentes de la cirugía laparoscópica y endoscópica. Se reporta que en Estados Unidos se realizan cerca de 600,000 cirugías anualmente y que en Canadá la incidencia de esta cirugía es de 346 por cada 100,000 habitantes.<sup>7</sup> Este procedimiento tiene varias indicaciones y vías de acceso ampliamente utilizadas. La cirugía laparoscópica ha tenido gran aceptación particularmente en los casos donde la vía vaginal está contraindicada.

En una revisión sistemática donde se incluyeron 34 estudios con un total de 4,495 pacientes, se compararon resultados de cirugías por vía vaginal, abdominal, laparoscópica y vaginal asistida por laparoscopia. Se observaron las siguientes ventajas de la histerectomía laparoscópica y la abdominal: menor tiempo para regresar a las actividades

normales (13.6 días), menor pérdida sanguínea transquirúrgica (media 45 mL), menor baja de hemoglobina (media 0.55 g/dL), menor estancia hospitalaria (promedio de dos días), menor incidencia de infecciones en la pared abdominal (RM 0.31), mayor incidencia en lesiones de las vías urinarias (RM 3.77), y menor tiempo quirúrgico (media de 20.3 min).<sup>8</sup>

La robótica ha sido ampliamente evaluada y comparada con los resultados obtenidos por la laparoscopia por su relación en origen y tecnología. En un estudio comparativo entre la vía laparoscópica y robótica realizado por Payne TN y su grupo reportaron que los robots requerían mayor tiempo; sin embargo, la estancia intrahospitalaria fue medio día más larga en los operados por laparoscopia (1.6 días, 95% IC 1.3-1.9 contra 1.1 días, 95% IC 1.0-1.3,  $p < .007$ ). También reportaron que la pérdida sanguínea fue mayor en la laparoscopia (113 mL (85.9), 95% CI 95.9-130.1 contra 61.1 mL (60.9), 95% IC 48.9-73.2,  $p < .0001$ ), al igual que la incidencia de complicaciones. La conversión a laparotomía fue menor por vía robótica (9 vs 4%).<sup>9</sup>

### Miomectomía

La miomatosis uterina es un padecimiento común en mujeres entre 35 y 45 años de edad; el porcentaje puede variar según la población y se estima entre 11 y 18%, y en algunos casos hasta 33%.<sup>10</sup>

En este caso la cirugía endoscópica presenta dificultades en los pasos de enucleación, reparación, extracción de los miomas y, en particular, en la reparación adecuada por planos y en la hemostasia sin necesidad de abusar de la diatermia. Se debe tomar en cuenta el mayor riesgo de rotura uterina en un futuro embarazo (<1%).<sup>11</sup>

Un estudio comparó los resultados de 41 pacientes intervenidas vía laparoscópica y 40 por un robot sin encontrar diferencias significativas en el tiempo quirúrgico, hemorragia transoperatoria y complicaciones posteriores. La diferencia fue el tiempo de estancia intrahospitalaria mayor a dos días (12% de las operadas por un robot contra 23% de las operadas por vía laparoscópica). Otra ventaja que ofrece el procedimiento por robot es menor incidencia de adherencias en comparación con la laparoscopia (29.4 a 35.6% por paciente).<sup>11</sup> Este procedimiento por cirugía robótica tiene la desventaja de mayor tiempo quirúrgico y mayor costo reportados (30,000.00 por cirugía robótica

contra 13,000.00 dólares por miomectomía abierta).<sup>12</sup> Otros estudios también reportan mayor tiempo quirúrgico en miomectomías robóticas comparadas con la vía laparoscópica (234 contra 203 min), sin diferencias significativas en tiempo de hospitalización, complicaciones posoperatorias y pérdida sanguínea por lo que no ofrece ninguna ventaja en comparación con la laparoscopia.<sup>13</sup>

La cirugía robótica hace este procedimiento menos complejo, pues permite suturar por planos y disecar al mioma fácilmente, similar a lo que puede hacerse por laparotomía; se han reportado resecciones de miomas de 17 cm en úteros mayores de 20 cm.<sup>13</sup>

No se conoce la repercusión a largo plazo de la cirugía robótica y la laparoscopia. Se necesita más tiempo para observar la evolución de las pacientes operadas y sus gestaciones posteriores.

### **Reanastomosis tubaria**

La oclusión tubaria bilateral sigue siendo una de las técnicas de planificación familiar más utilizadas por ser fácil, eficaz y económica. Si se desea revertirla, la fertilización *in vitro* y la reanastomosis tubaria son opciones. La reanastomosis evita complicaciones como la hiperestimulación ovárica, embarazos múltiples y otras complicaciones derivadas de las técnicas de reproducción asistida. Se ha reportado una tasa de embarazo de hasta 67.6% en casos de reanastomosis tubaria, con una incidencia de embarazos ectópicos de 5.6%; el grupo entre 25 a 29 años obtuvo hasta 69.2% de embarazos, lo que habla de la buena eficacia del procedimiento abierto.

La experiencia con la reanastomosis por técnica robótica reporta una tasa de embarazo de 71% (con intervalo de confianza de 95% de 61-80%).<sup>14</sup> Este procedimiento requiere una visualización adecuada, suturas precisas y manipulación fina de la salpinge. La cirugía robótica tiene un sistema 3D para visualizar el tejido por operar y elimina el temblor fino del cirujano, lo que mejora la calidad de la cirugía. El procedimiento por esta vía no presenta ventaja alguna en estancia intrahospitalaria, tasa de embarazos e incidencia de embarazos ectópicos; su ventaja más importante es el menor tiempo de recuperación, y su desventaja, el mayor tiempo quirúrgico.<sup>14</sup>

### **Endometriosis avanzada**

La endometriosis avanzada es todo un reto quirúrgico. Es difícil definir la extensión del procedimiento, ya que

comúnmente el cirujano debe adaptarse a los hallazgos transoperatorios. En varios casos se puede pronosticar el grado de complejidad del procedimiento con base en los estudios ultrasonográficos, la clínica y cirugías diagnósticas previas. Nezhat y su equipo reportan la ausencia de ventajas del procedimiento robótico sobre el laparoscópico; además de que el primero requiere mayor tiempo quirúrgico y más anestesia.<sup>15</sup> Pueden realizarse procedimientos complejos como la resección vesical parcial para endometriosis infiltrante y resecciones intestinales, peritoneo y otras estructuras a las que puede llegarse por vía laparoscópica o por robótica; a pesar del tiempo de operación más largo, la cirugía robótica facilita una disección fina y precisa de las estructuras, con lo que minimiza las complicaciones y la cantidad de lesiones por endometriosis.<sup>16</sup>

### **Procedimientos uroginecológicos**

La expectativa de vida en las mujeres se ha incrementado de manera significativa. Se estima que una mujer nacida en el 2004 vivirá 80 años; esto aumentará la frecuencia de problemas de estética pélvica asociados con la edad.<sup>17</sup> En uroginecología, la laparoscopia asistida con robótica se ha utilizado principalmente en la sacrocolpopexia, aunque también se reporta reparación de fistulas vesicovaginales.<sup>18</sup> Las dificultades técnicas de la sacrocolpopexia laparoscópica son la disección del espacio presacro y septo recto vaginal, el posicionamiento de la malla y las suturas intra o extracorporales.

Geller y su grupo<sup>19</sup> compararon 73 sacrocolpopexias asistidas con robot con 105 por laparotomía. Reportan menor sangrado ( $p<0.001$ ), mayor tiempo quirúrgico ( $p<0.001$ ), menor estancia hospitalaria ( $p<0.001$ ) y mayor incidencia de fiebre ( $p=0.04$ ) al utilizar el sistema *Da Vinci*. El uso del robot facilita la disección del espacio presacro, el posicionamiento de la malla y la sutura así como hacer nudos intracorporales.<sup>19</sup> Muffly y su grupo mencionan las siguientes complicaciones: lesión vesical, lesión a la arteria sacra media, infección posoperatoria en las heridas e ileo; incluso se ha reportado una osteomielitis lumbosacra con absceso epidural.<sup>20</sup>

Al comparar costos entre una sacrocolpopexia por laparotomía, otra por laparoscopia y otra por laparoscopia asistida con robot, se calculan 13,149.99, 19,308.94 y 24,161.48 dólares respectivamente, con diferencia significativa ( $p=0.004$ ), pero sin diferencia entre la laparoscopia tradicional y la asistida por robot.<sup>21</sup>

## Oncología

La cirugía mínimamente invasiva en Ginecología oncológica no es algo nuevo. Los primeros artículos de laparoscopia en cáncer ginecológico cumplieron más de 20 años, mientras han pasado apenas seis años desde la primera publicación de estudios sobre la viabilidad de procedimientos oncológicos laparoscópicos asistidos por robot<sup>22</sup> después de que la FDA aprobara el uso del sistema *Da Vinci* para cirugía ginecológica.

Debido a que la tecnología robótica tiene muchas ventajas sobre la laparoscopia, los cirujanos que operan por laparotomía rápidamente se adaptan y practican la cirugía robótica incluso sin la transición a la laparoscopia.<sup>23</sup> En la ginecología oncológica cada día disminuyen las laparotomías y muchas pacientes se benefician de la cirugía mínimamente invasiva.

La laparoscopia todavía es el método estándar de la cirugía mínimamente invasiva ya que los sistemas robóticos se usan en pocos centros en el mundo. A pesar de ello, actualmente hay más de 1,400 sistemas robóticos en Estados Unidos en 950 hospitales. Tan sólo en el 2010, más de 1,200 ginecólogos se adiestraron en el uso del sistema robótico *Da Vinci* y se han escrito más de 200 artículos dedicados a la cirugía robótica en ginecología desde principios de 2008.<sup>24</sup>

Este método se aplica con más frecuencia en cáncer de endometrio temprano; le sigue en frecuencia el cáncer cervicouterino temprano, y luego el cáncer de ovario. Sin embargo, se empieza a aplicar en procedimientos de alta complejidad como las exenteraciones pélvicas y las linfadenectomías paraaórticas extraperitoneales, y de menor invasión pero de alta tecnología, como el mapeo de ganglios linfáticos.

## Cáncer cervicouterino

Comparada con la histerectomía radical tradicional abierta en el tratamiento del cáncer cervicouterino, la cirugía robótica se asocia con menor pérdida sanguínea, menos complicaciones operatorias, mayor número de ganglios disecados y estancia hospitalaria más corta. Comparada con la laparoscopia, la cirugía robótica ofrece tiempo quirúrgico menor con la misma incidencia de conversión a laparotomía. Los datos comparativos de supervivencia a largo plazo en los tres métodos son escasos, aunque los datos preliminares sugieren que ésta es similar entre ellos.<sup>25</sup>

La información respecto a la cirugía preservadora de la fertilidad todavía es escasa, pero los resultados reportados

son buenos. En un estudio en que se comparó el resultado de 25 pacientes tratados con traquelectomía abierta versus 12 pacientes tratadas por robótica, se encontró que la última ofrecía menor pérdida de sangre y menor estancia hospitalaria (1 contra 4 días); no hubo diferencia en el tiempo quirúrgico ni en complicaciones intraoperatorias en ambos métodos. Tampoco hubo diferencias en los datos histopatológicos, pero sí en mayor conversión a histerectomía en el grupo operado por robot debido a un margen quirúrgico pequeño.<sup>25</sup>

## Cáncer de endometrio

La comparación en el caso del tratamiento del cáncer de endometrio se basa en estudios retrospectivos comparativos con la cirugía abierta. Las series más grandes incluyen ocho estudios comparativos con 1591 pacientes. Se reportó que la pérdida sanguínea es menor en robótica que en laparoscopia o cirugía abierta; la cirugía robótica y la laparoscopia ofrecen menor estancia hospitalaria que la cirugía abierta; el tiempo quirúrgico fue similar entre la cirugía robótica y la laparoscopia, pero mayor en éstas que en la cirugía abierta; la conversión a laparotomía fue de 4.9% en la cirugía robótica y de 9.9% en laparoscopia; las tasas de complicaciones vasculares, intestinales, vesicales, la dehiscencia de la cúpula vaginal y las complicaciones tromboembólicas fueron similares en los tres métodos. En estos casos, aparentemente las pacientes obesas son quienes más se benefician de la cirugía robótica.<sup>26</sup>

## Cáncer de ovario

Hay muy pocos reportes del uso de cirugía robótica en el tratamiento de cáncer de ovario. Parece ser que la viabilidad de la cirugía robótica es mayor en las etapas iniciales del padecimiento o en caso de volumen pequeño del cáncer que en la enfermedad avanzada. El problema en la cirugía pélvica es el difícil acceso de los trócares en su colocación actual a la parte superior del abdomen.

## Calidad de vida en oncología

El estudio aleatorizado del Grupo de Ginecólogos Oncólogos que comparó pacientes operadas por laparotomía con las operadas por laparoscopia es el único disponible hasta la fecha. Dicho estudio reporta que 802 pacientes evaluadas del grupo con operación por laparoscopia mostraban a las seis semanas mejor funcionalidad física e imagen corporal, menor dolor, menor interferencia en la calidad

de vida y habían regresado a las actividades normales, incluyendo al trabajo, más rápido. Sin embargo, a los seis meses no hubo ninguna diferencia en las mediciones, salvo la mejor imagen corporal en las pacientes intervenidas por laparoscopia.<sup>27</sup>

### Enseñanza

No hay un patrón de referencia para la enseñanza de la cirugía robótica. *Intuitive Surgical* exige a los médicos asistir a un curso antes de usar su equipo en el quirófano. La mayoría aprende informalmente de un tutor o individuos experimentados, en la residencia o mediante ensayo y error personal. En el futuro, la preparación profesional para la cirugía mínimamente invasiva deberá incluir habilidades en cirugía laparoscópica y robótica. La cirugía robótica puede llevar a un exceso de confianza en médicos sin adiestramiento previo en laparoscopia, debido a su facilidad de manejo. Esto puede generar más complicaciones si no se ha familiarizado con la precisión requerida en los movimientos, el modo de resolver las complicaciones e identificar la anatomía del paciente en la laparoscopia o la cirugía robótica. Es necesario tener experiencia en laparoscopia antes de iniciarse en la cirugía robótica (Figuras 1 y 2).<sup>28,29</sup>

### DISCUSIÓN

Uno de los puntos más controvertidos acerca de la cirugía robótica es su costo. De esto depende la viabilidad de que una institución, con base en sus recursos, volumen de pacientes y sustentabilidad, decida adquirir un sistema robótico. El único equipo en venta actualmente es el *Da Vinci* de *Intuitive Surgical*. Su costo aproximado es de 1.6 millones de dólares, más un mantenimiento anual aproximado de 160 mil dólares. Sus instrumentos (desmontables) tienen un costo aproximado de 250 dólares por pieza (se requieren 3 o 4 por cirugía y no se recomienda su utilización en más de 10 procedimientos). Hay costos adicionales de capacitación del personal médico, ingenieros y enfermeros. Los costos irán disminuyendo sensiblemente conforme la curva de aprendizaje llegue a su fin.<sup>30</sup> El equipo requiere un quirófano con dimensiones específicas, por lo que en varios casos se puede requerir remodelar o construir un quirófano especial.

Prewitt y sus colaboradores revisaron 224 procedimientos realizados por cirugía robótica en diferentes



**Figura 1.** Consola de control del sistema Da Vinci de Intuitive Surgical Inc. Este equipo compensa la falta de percepción táctil con una visión tridimensional en 180°.

especialidades. Reportaron un costo promedio de 1470 dólares, que es mayor al de los métodos convencionales.<sup>31</sup> En varios de estos estudios se incluyen los costos de hospitalización, que varían mucho de una institución a otra debido a su diferente organización, obtención de fondos y orientación (pública, privada, de beneficencia, patronato). El costo total del tratamiento y de la productividad afectada mientras el individuo no se reincorpore a sus actividades, son otros factores en los que puede influir la cirugía mínimamente invasiva.<sup>32</sup>

Específicamente, en Ginecología y Obstetricia los estudios apuntan a mayor costo de los procedimientos laparoscópicos y, más aún, de los robóticos, tomando en cuenta que varias de las ventajas de este último son similares al laparoscópico, dejando en duda su costo-beneficio.<sup>32</sup>

Debemos tomar en cuenta una serie de ventajas intangibles de la cirugía robótica que no alteran directamente los costos, como: la mejor ergonomía y mayores tasas de éxito al completar los procedimientos. La cirugía robótica



**Figura 2.** Unidad robótica con brazos, cubiertas de protección y modelo para prácticas simuladas.

se beneficia del potencial de la telemonitorización y la telecirugía, permiten cirugías donde los médicos especialistas son escasos. A la consola a distancia también se le puede agregar un módulo con el que el primer cirujano pueda instruir a un alumno.

Históricamente, los costos de las nuevas tecnologías tienden a disminuir con el aumento del mercado, el crecimiento de la competencia y la reducción de la curva de aprendizaje. La capacitación adecuada y el aumento de volumen de pacientes, así como la futura incorporación al mercado de equipos, como el *Amadeus* de *Titan Medical*, incrementarán la competitividad del mercado y abatirán costos. En nuestro país, las instituciones con mayor solidez financiera y los pacientes serán los primeros beneficiados por esta tecnología. La experiencia en Monterrey y Guadalajara, primeros centros en México con esta tecnología, es valiosa; será de interés conocer sus estadísticas y resultados.

## CONCLUSIONES

La robótica médica representa un avance tecnológico importante que facilita los procedimientos quirúrgicos complejos y conserva las ventajas de la cirugía mínimamente invasiva. Esta tecnología es especialmente benéfica en los procedimientos quirúrgicos oncológicos y de endometriosis avanzada, por la gran población femenina y la incidencia de estas afecciones. La robótica podría llegar a ser sustentable en centros con un volumen importante de pacientes quirúrgicos (que permitan que se realicen varios procedimientos a la semana), que cuenten con los recursos necesarios y la capacidad para invertir en la capacitación de sus médicos endoscópistas (estos especialistas tienen mayor comprensión y entendimiento de la dinámica y habilidades requeridas en la cirugía mínimamente invasiva; se debe evitar que cirujanos sin experiencia laparoscópica *salten* a la cirugía robótica). El adiestramiento debe ser comprensivo y de alta calidad; un volumen importante de pacientes ayudará a adquirir la experiencia necesaria, acelerar la curva de aprendizaje y abatir costos.

## Agradecimientos

Al Dr. Brian Donovan M.D. F.A.C.S. MITIE, del Methodist Hospital System, Houston, Texas, EUA, por su apoyo con información y acceso al centro de simulación MITIE.

## REFERENCIAS

1. Zunt, Dominik."Who did actually invent the word "robot" and what does it mean?". The Karel Čapek website.
2. [http://www.nasa.gov/audience/foreducators/robotics/home/what\\_is\\_robots\\_k4.html](http://www.nasa.gov/audience/foreducators/robotics/home/what_is_robots_k4.html)
3. Satava. RM Virtual reality and telepresence for military medicine. *Comput Biol Med* 1995;25:229-236.
4. Sheridan TB. Telerobotics, Automation and Human Supervisory Control. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
5. Wang Y, Sackier J. Robotically Enhanced Surgery: From concept to development. *Surg Endosc* 1994;8:63-66.
6. Visco AG, Advincula AP. Robotic gynecologic surgery. *Obstet Gynecol* 2008;112:1369-1684.
7. <http://www.cdc.gov/reproductivehealth/womensrh/hysterectomy.htm>
8. Nieboer TE, Johnson N, Lethaby A, Tavender E, Curr E, Garry R, van Voorst S, Mol BW, Kluivers KB. Surgical approach to hysterectomy for benign gynaecological disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2009;8:CD003677.

9. Payne TN, Dauterive FR. A comparison of total laparoscopic hysterectomy to robotically assisted hysterectomy: surgical outcomes in a community practice. *J Minim Invasive Gynecol* 2008;15:286-291.
10. Guía de Práctica Clínica, Diagnóstico y tratamiento de miomatosis uterina; catálogo maestro de guías de práctica clínica. IMSS-082-08, [www.cenetec.salud.gob.mx/interior/gpc.html](http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/gpc.html).
11. Bedient CE, Magrina JF, Noble BN, Kho RM. Comparison of robotic and laparoscopic myomectomy. *Am J of Obstet Gynecol* 2009;201:566.e1-5.
12. Advincula AP, Xu X, Goudeau S 4th, Ransom SB. Robot-assisted laparoscopic myomectomy versus abdominal myomectomy: a comparison of short-term surgical outcomes and immediate costs. *J of Minim Invasive Gynecol* 2007;14:698-705.
13. Quass AM, Einarsson JI, Srouji S, Gargiulo AR. Robotic myomectomy: a review of indications and techniques. *Rev Obstet Gynecol* 2010;3:185-191.
14. Caillet M, Vandromme J, Rozanberg S, Paesmans M, Germay O, Degueldre M. Robotically assisted laparoscopic microsurgical tubal reanastomosis: a retrospective study. *Fertil Steril* 2010;94:1844-1847.
15. Nezhat C, Lewis M, Kotikela S, Veeraswamy A, Saadat L, Hajhosseini B, Nezhat C. Robotic versus standard laparoscopy for the treatment of endometriosis. *Fertil Steril* 2010;94:2758-2760.
16. Advincula AP, Wang K. Evolving role and current state of robotics in minimally invasive gynecologic surgery. *J of Min Invasive Gynecol* 2009;16:291-301.
17. Fried LP. Epidemiology of aging. *Epidemiol Rev* 2000;22:95-106.
18. Schimpf MO, Morgenstern JH, Tulikangas PK, Wagner JR. Vesicovaginal repair without intentional cystotomy using the laparoscopic robotic approach: a case report. *JSLS* 2007;11:378-380.
19. Geller EJ, Siddiqui NY, Wu JM, Visco AG. Short-term outcomes of robotic sacrocolpopexy compared with abdominal sacrocolpopexy. *Obstet Gynecol* 2008;112:1201-1206.
20. Muffly TM, Diwadkar GB, Paraiso MR. Lumbosacral osteomitis after robot – assisted total laparoscopic hysterectomy and sacral colpopexy. *Int Urogynecol J* 2010;21:1569 – 1571.
21. Patel M, O`Sullivan D, Tulikangas K. A comparison of cost for abdominal, laparoscopic, and robot – assisted sacral colpopexy. *Int Urogynecol J* 2009;20:223 – 228.
22. Reynolds RK, Burke WM, Advincula AP. Preliminary experience with robot-assisted laparoscopic staging of gynecologic malignancies. *JLSL* 2005;9:149-158.
23. Peiretti M, Zanagnolo V, Boccilone L, Landoni F, Colombo N, Minig L, Sanguineti F, Maggioni A. Robotic surgery: changing the surgical approach for endometrial cancer in a referral cancer center. *J Minim Invasive Gynecol* 2009;16:427-31.
24. Ramirez PT, Adams S, Boggess JF, Burke WM, Frumovitz MM, Gardner GJ, Havrilesky LJ, Holloway R, Lowe MP, Magrina JF, Moore DH, Soliman PT, Yap S. Robotic-assisted surgery in gynecologic oncology: a society of gynecologic oncology consensus statement developed by the society of gynecologic oncology clinical practice robotics task force. *Gynecol Oncol* 2012;124:180-4.
25. Nick AM, Frumovitz MM, Soliman PT, Schmeler KM, Ramirez PT. Fertility sparing surgery for treatment of early-stage cervical cancer: Open vs robotic radical trachelectomy. *Gynecol Oncol* 2012;124:276-280.
26. Gaia G, Holloway RW, Santoro L, Ahmad S, Di Silverio E, Spinillo A. Robotic-assisted hysterectomy for endometrial cancer compared with traditional laparoscopic and laparotomy approaches: a systematic review. *Obstet Gynecol* 2010;116:1422-1431.
27. Kornblith AB, Huang HQ, Walker JL, Spiro NM, Rotmensch J, Cella D. Quality of life of patients with endometrial cancer undergoing laparoscopic laparotomy international federation of gynecology and obstetrics staging compared with laparotomy: a gynecologic oncology group study. *J Clin Oncol* 2009;27:5337-5342.
28. Cho JE, Nezhat FE. Robotics and gynecologic oncology: review of the literature. *J Minim Inv Gynecol* 2009;16:669-6681.
29. Dueñas García OF, Rico Olvera H, Beltrán Montoya JJ. Telemedicina y cirugía robótica en ginecología. *Ginecol Obstet Mex* 2008;76:161-166.
30. Schreuder HWR, Verheijen RHM. Robotic surgery BJOG 2009;116:198-213.
31. Prewitt R, Bochkarev V, McBride CL, Kinny S, Oleynikov D. The patterns and costs of the “Da Vinci” robotic surgery system in a large academic institution. *J Robotic Surg* 2008;2:17-20.
32. Pasic RP, Rizzo JA, Fang H, Ross S, Moore M, Gunnarsson C. Comparing robot-assisted with conventional laparoscopic hysterectomy: impact on cost and clinical outcomes. *J Minim Invasive Gynecol.* 2010;17:730-738.