

CIRUGIA ROBOTICA

Introducción

Actualmente, todos somos testigos del acelerado ritmo del avance tecnológico, y por ello podemos vernos en situaciones que hace pocos años eran consideradas improbables, por ejemplo, si Ud. adquirió un computador de última generación, tengan la seguridad de que, al cabo de solo algunos meses, aquel equipo puede ser desplazado sin problemas de la posición tecnológica privilegiada que ostentaba, inclusive, pudiendo llegar a ser considerado obsoleto luego de uno o dos años de uso, lo cual no implica que el equipo en cuestión “no sirva”, sino mas bien, que queda rezagado en la veloz carrera tecnológica.

La medicina no escapa a esta regla, procedimientos, métodos y técnicas vigentes son gradualmente reemplazados por nuevas alternativas, desarrolladas en base a la investigación y aplicación de innovaciones tecnológicas, luego de un periodo de experimentación que valide su efectividad y conveniencia.



Equivalente Robótico a la mano del Cirujano

Una opción interesante que el desarrollo tecnológico ha hecho posible es la Cirugía Robótica, que se presenta en este momento, y bajo ciertas circunstancias, como un procedimiento alternativo frente la cirugía clásica, en este boletín presentaremos de manera simple y amigable, las características, pro y contras de esta nueva tecnología.

Cuando una persona común escucha el término, “Cirugía Robótica”, un sin número de ideas atraviesan su mente, se imagina un procedimiento médico efectuado íntegramente por un dispositivo electrónico humanoide con inteligencia propia, habilidades nunca antes vistas, que no comete errores “Humanos” y que es capaz de suplantar totalmente al médico cirujano, un robot médico al que se confiaría una vida humana; sin embargo; la realidad es sustancialmente diferente, y aunque en un futuro quizás no muy lejano pueda darse la situación descrita, de momento, la cirugía robótica es mas bien una nueva y poderosa herramienta que posibilita al médico cirujano potenciar enormemente su capacidad para efectuar procedimientos quirúrgicos con una precisión extraordinaria y menos traumática para el paciente que empleando las técnicas de cirugía tradicionales.

Bajo el contexto actual, la cirugía robótica puede definirse como la aplicación de robots a diferentes técnicas quirúrgicas que incluye la posibilidad de comandar instrumental a distancia, esto quiere decir que, el cirujano comanda, determina y decide que, como y cuando efectuar

una acción, mientras el robot se encarga de ejecutar la orden directamente en el área operatoria, es decir, el robot pasa a ser virtualmente como una extensión mecánica – electrónica de las extremidades y/o sistema visual del ser humano, las ordenes pueden ser dadas de diferente manera, según sea el objetivo, variante ó tecnología del robot a comandar, pueden responder a comandos de voz, direccionamiento con rayos infrarrojos, comando mediante consolas remotas, joystick de control, etc.

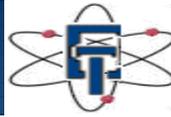


Sistema de mandos de un robot quirúrgico

La variedad de robot quirúrgicos es amplia, tenemos por ejemplo los diseñados para realizar precisas inserciones de prótesis articulares, los “asistentes” laparoscópicos, diseñados para sostener y orientar cámaras de vídeo en operaciones laparoscópicas, siendo actualmente los más complejos los sistemas de “Telecomando” en donde el cirujano tiene presencia “Virtual” en el cuerpo del paciente, comandando desde una consola de mandos todos los movimientos y acciones a efectuarse, visualizando el área operatoria gracias a un sistema de vídeo estereoscópico, es decir dos cámaras de vídeo colocadas en ángulo diferente para obtener una visión “Tridimensional”, al no encontrarse el cirujano en contacto directo con el paciente, sino a través del robot, es posible que la operación sea realizada a distancia, pudiendo ser esta distancia unos cuantos metros, en la misma sala de operaciones, o a miles de kilómetros según sea la situación.



La utilidad de la cirugía robótica es muy amplia, en primera instancia puede realizar la mayoría de los procedimientos



que actualmente se efectúan mediante cirugía mínimamente invasiva, como por ejemplo, cirugía abdominal, procedimientos laparoscópicos avanzados, colecistectomía, by pass gástrico, banda gástrica, cirugía esofágica, cirugía pancreática, cirugía gástrica, cirugía colorectal, así como cirugías urológicas, ginecológicas, etc.

Un Poco de Historia

Como muchas de las grandes innovaciones científicas, la manipulación remota o a distancia nace de una necesidad militar, el manejo de elementos radioactivos a mediados de los años 40's (siglo XX), así pues, en 1948 se desarrolló el **M1**, primer manipulador teleoperado mecánico y, en 1954, Goertz presentó el primer manipulador maestro-esclavo, con accionamiento eléctrico y servocontrol, en ambos manipuladores, llamado **E1**. En los 70's se extendieron las investigaciones a las aplicaciones submarinas, incluyendo la incorporación de cámaras y otros dispositivos para aumentar la telepresencia del operador. A finales de los sesentas e inicios de los setentas, la tecnología de teleoperación empezó a utilizarse en aplicaciones espaciales., asimismo, se empiezan a utilizar una gran cantidad de autómatas en procesos industriales, que proveerían las bases para el desarrollo de brazos robóticos con diferentes grados de libertad, así como las facilidades a nivel de interfaces y software necesario para su operación.

En 1992, en Palo Alto, California, Philippe Green, de Stanford Research Institute (S.R.I.), realizó investigaciones en manipulación remota, desarrolló prototipos de sensores y efectores maestro-esclavo, motivado por generar equipos de cirujanos, en diferentes especialidades, que pudieran atender, desde un lugar seguro, emergencias en los campos de batalla. Casi de manera simultánea el Dr. Stephen Jacobsen de la compañía Sarcos de Utah, desarrolló brazos y manos robóticas que replicaban por control inalámbrico los movimientos humanos, se dieron así los primeros pasos efectivos para la aplicación de manipuladores robóticos a distancia aplicados al campo médico.



Manipulador Remoto del Robot Aesop

En 1993, en un hospital de la Jolla, CA, el Dr. Jonathan Sackier utiliza al robot Esopo, de la empresa Computer

Motion Inc., manejado por medio de palancas y comandos de pie, como auxiliar para conducir un laparoscopio. En 1994, el posicionador endoscópico Aesop de la firma Computer Motion fue el primer robot aprobado para pruebas clínicas por la Food and Drug Administration de los Estados Unidos –FDA.

En 1995 se formó la empresa Intuitive Surgical Inc, que adquirió los derechos de la investigación del Dr. Green e inició los trabajos de adaptación para su uso clínico fuera de campos de interferencia. En 1996, empieza a utilizarse la primera versión del sistema **D'Vinci** para sustitución de válvulas y operaciones de bypass. En 1997, el Dr. Jack Himpens intervino los primeros cinco pacientes con cirugía laparoscópica por telepresencia a corta distancia, dentro del mismo quirófano en el hospital St. Blasius, en Bélgica. En 1998 los cirujanos Antonio García Ruiz y Tomaso Falcone, realizaron plastías tubarias en 10 pacientes en Cleveland, Ohio, con la primera versión del robot Zeus, fabricado por Computer Motion. En 1999 un equipo dirigido por el cirujano belga Hugo Vanermen realizó, por vez primera, una intervención coronaria sin abrir el tórax. Ese mismo año, el London Health Sciences Center (LHSC) de Ontario, Canadá, efectuó la primera operación de bypass en pecho cerrado sobre un corazón latiendo y la primera operación de revascularización cardíaca híbrida a pecho cerrado, ambas asistidas por robots.



Zeus Robot Arms

Manipulador Remoto del Robot Zeus

En el 2000, el LHSC pronosticaba que sus operaciones del corazón asistidas por robots aumentarían desde el 5%, experimentado en 1999, a un 30% de un total de 1.700 pacientes en 2005; fue aprobada para su comercialización por la FDA, el sistema robótico **D'Vinci**.; el Dr. Ralph Damiano, Jefe de Cirugía Cardíaca en el Centro Médico de Hershey, Estados Unidos, aplicaba el uso del robot en forma experimental en la cirugía cardíaca y en la Universidad de Hackensack se utilizaba el sistema de robots conocido como **Aesop** (Automated Endoscopy System for Optimal Positioning), primer robot autorizado por el órgano regulador de los Estados Unidos. En el 2001, el



operaciones de bypass en pruebas clínicas. Para el 2003 al menos 280 hospitales de los EEUU usaban el Aesop y se iniciaba la experimentación de comandos vocales. En general, de 1994 a 2003, se calculaba en unas 300.000 intervenciones las realizadas en Europa, Estados Unidos, Canadá y México. La investigación en cuanto a las posibilidades de la cirugía de telepresencia continúa en las áreas de cirugía cardíaca, ginecológica, cirugía del cerebro, de columna vertebral, cirugía pediátrica, urológica y fetal intrauterina.

A inicios del 2005, han empezado a surgir comercialmente los llamados "Robodoc", robots autónomos que permiten la interacción virtual a distancia entre el médico y el paciente y que llevan el concepto de telemedicina un paso adelante.



Sistema D'VINCI

Sistema de Cirugía Robótica D'Vinci

Componentes del Sistema Robótico

A continuación, pasaremos a realizar una breve descripción de cada uno de los más importantes componentes de un moderno sistema de cirugía robótica telecomandado.

Consola de mando: Este dispositivo es el encargado de servir como medio virtual de accionamiento y visión para el médico cirujano, es más precisamente un interface hombre – máquina en el que cada uno de los movimientos que efectúa el cirujano revierte en un movimiento semejante en alguno de los brazos del robot, uno por cada mano, así tendremos un manipulador maestro para la mano izquierda y otro para la mano derecha, también se cuenta con un sistema de accionamiento de equipos accesorios, como pueden ser electrocirugías y láser quirúrgico, esto mediante un interruptor tipo pedal, otro sistema importante con que cuenta esta consola de mando es el visor estereoscópico, que esta compuesto por dos monitores a color de alta resolución que proyectan las respectivas imágenes en un arreglo de espejos que permiten obtener la imagen en 3ª dimensión y al cirujano le permiten la sensación de inmersión, es decir profundidad de campo, además de los componentes interactivos indicados, hay módulos con

contando con ello con poderosos sistemas de computo así como unidades para el suministro y estabilidad de energía.



Visor y Manipuladores de consola de mandos

En este punto hay que señalar que los sistemas robóticos trabajan con movimientos a escala, por ejemplo, un movimiento de desplazamiento de 8 mm efectuado por la mano del cirujano, se ve transformada en el instrumental en 4 mm de desplazamiento, aunque el cirujano perciba efectivamente que la pinza se desplaza 8 mm gracias al aumento presente en su sistema visor, el factor de escala es programado de acuerdo al tipo de cirugía y sensación de comodidad del cirujano, estos últimos puntos se detallarán posteriormente en el sistema de procesamiento.

Consola o Manipulador remoto: Contrariamente a lo indicado en el módulo anterior, este constituye el interface Máquina – paciente, se encuentra constituido por tres brazos, uno de ellos contiene el manipulador para la cámara y los otros dos, los manipuladores de instrumentos que reproducen los movimientos de las manos del cirujano realizados desde la consola.



Brazos robóticos de la consola remota

Cada brazo robótico está constituido por un circuito electrónico, un adaptador de interface remoto, motores de paso, poleas, líneas de angulación y articulaciones, que pueden realizar movimientos con varios grados de libertad. El robot esclavo se encuentra conectado a la computadora y a la consola por medio de cables eléctricos, está montado sobre un soporte rodable, que permite instalarlo al lado de la mesa de operaciones.



El instrumental para cirugía robótica: Los micro instrumentos son los dispositivos que actúan directamente con la anatomía del paciente, son principalmente tijeras, bisturíes, diferentes tipos de pinzas, ganchos, disectores y porta-agujas; todos ellos están dotados de retroalimentación táctil electrónica que transmite las sensaciones de presión, resistencia, flexibilidad, etc., permitiendo al cirujano "sentir" la cirugía. Estos instrumentos tienen una libertad de movimiento de cuatro grados y pueden intercambiarse durante la cirugía con la ayuda de la enfermera instrumentista, Asistente del Cirujano o de un Ingeniero Biomédico.



Instrumentos para cirugía robótica

Los brazos de un ser humano tienen 29 grados de libertad de movimiento que realizan en tres planos cartesianos; por lo que puede realizar 594,823,321 movimientos. Por ejemplo el D'Vinci tiene 7 grados de libertad de movimientos en tres planos cartesianos o sea 117,649 movimientos, esto es el 0.019% del total de la capacidad del brazo del ser humano, cercano al que utiliza el cirujano en una cirugía convencional. Esta cifra es muy superior comparada con los 3 grados de libertad y 729 movimientos que podemos realizar con los instrumentos de cirugía laparoscópica convencional, y que representa el 0.00012% del total de la capacidad del brazo humano y 0.61 % de la capacidad del robot D'Vinci.

El Sistema de Captación de Imagen: Este sistema es muy parecido al convencional utilizado en cirugía laparoscópica; pero en 3 era dimensión.

Consta de una cámara doble que le permite obtener dos señales de vídeo (canal derecho e izquierdo), que al integrarse conforman una señal de vídeo estereoscópica, que es proyectada por dos monitores de alta resolución a un sistema conocido como "caja de espejos" para crear una sensación de 3 era dimensión, misma que provee al cirujano de la sensación de "inmersión" en el campo quirúrgico. Cuando el cirujano mueve la cámara en el campo operatorio, consigue el efecto conocido como "navegación", asimismo, a través de fibras ópticas insertadas en el telescopio captador de imagen se envía al interior del área operatoria luz fría proveniente de una fuente externa (Fuente de luz), porque obviamente, el interior del cuerpo humano carece de iluminación.

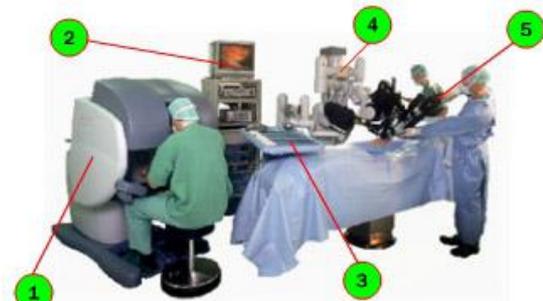
Sistema de Procesamiento: Constituido básicamente por un arreglo de poderosos procesadores para cómputo y

software asociado. Usando este conjunto es como el cirujano puede realizar la cirugía, ampliando o disminuyendo sus movimientos en escalas, además, controla y mantiene la localización precisa de la posición espacial de cada uno de los motores de los brazos esclavos para efectuar el cálculo y planificación de cada uno de los movimientos ordenados, así como de la transferencia de sensaciones virtuales de resistencia.



Camara doble para visualización e iluminación

El software propio de este sistema garantiza la seguridad del paciente, pues si el cirujano hace un movimiento brusco, el sistema lo frena automáticamente, incluso elimina el temblor de las manos del cirujano y por lo tanto equilibra sus habilidades y potencia la precisión en sus acciones.



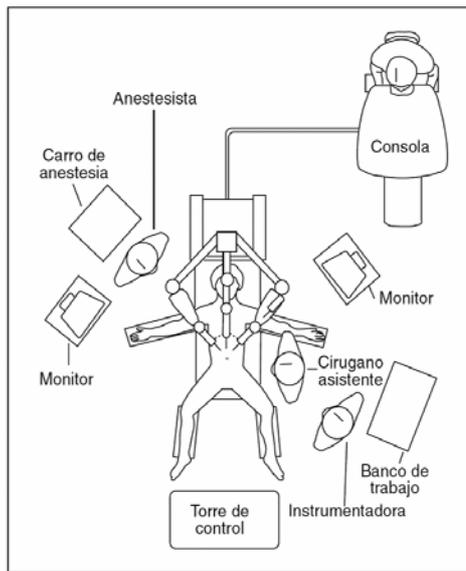
- 1 Consola
- 2 Sistema de Procesamiento
- 3 Bandeja de instrumental
- 4 Brazos robóticos
- 5 Endoscopio 3D

**SISTEMA
ROBOTICO
D'VINCI**

El Acto Quirúrgico en Cirugía Robótica

La intervención quirúrgica requiere en realidad los mismos cuidados y precauciones con que se llevan a cabo en la mayoría de las operaciones, sin embargo, Antes de empezar la intervención, hay que efectuar dos "puestas a punto": la del robot y la del sistema óptico

La primera consiste en la conexión del carro robotizado a la consola mediante cables eléctricos y fibras ópticas y su encendido, para permitir el autochequeo del sistema. Luego, los brazos del robot se cubren con paños estériles y se colocan los soportes de los trócares en sus extremos.



Disposición de los elementos en Cirugía Robótica

La segunda "puesta a punto" es la del sistema óptico. En la misma se establece la posición de la óptica (0° - 30°), se selecciona la visión bidimensional o tridimensional, se centra la imagen del monitor en la consola y se efectúa el balance de blancos de la cámara del robot. Tras realizar el neumoperitoneo (insuflación de gas CO_2 en la cavidad abdominal), se introducen los trócares de la forma habitual y se coloca el carro robotizado en la posición adecuada que depende de la intervención a realizar. En general, debe estar detrás del campo quirúrgico pero en el mismo eje. Se coloca el paciente y se conectan los brazos del robot a los puertos de la óptica y el instrumental. Se pueden introducir trócares adicionales para instrumental accesorio, que será manejado por el cirujano ayudante. La óptica y el instrumental quirúrgico son específicos de este sistema. La óptica se conecta a una doble cámara que permite visión tridimensional. El instrumental disponible incluye gancho, tijeras, pinza de agarre y portaagujas. Recientemente también se dispone de un disector de ultrasonidos. Todos estos instrumentos pueden ser reutilizados en un máximo de diez intervenciones, la intervención se lleva a cabo de forma similar a la mínimamente invasiva, solamente que en vez de utilizar sus manos el cirujano utilizara los instrumentos virtuales.

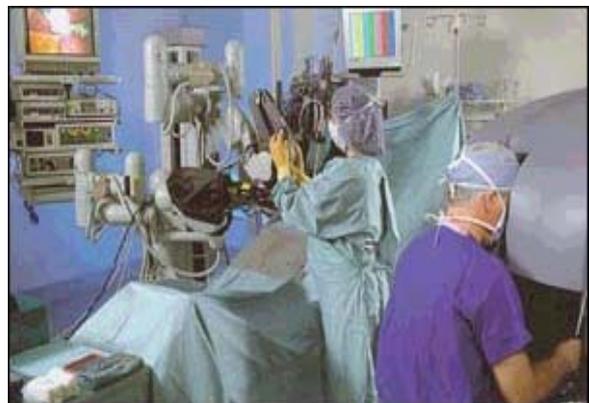
El equipo humano que interviene en esta operación esta conformada por el médico cirujano, que manipulara la consola de mando, un cirujano asistente, encargado de intervenir ante eventuales problemas, un médico anestesiólogo, que será el responsable de la administración de anestesia y monitoreo de signos vitales del paciente, una enfermera instrumentista, que tendrá la responsabilidad de efectuar los cambios de instrumental a solicitud del cirujano principal, adicionalmente se requiere la presencia de un ingeniero biomédico, encargado de monitorizar y vigilar tanto el correcto funcionamiento del sistema robótico como la adecuada transmisión de datos entre los módulos que lo componen. El ejemplo descrito corresponde a una

equivalente operación laparoscópica, otro tipo de cirugía como la cardíaca ó urológica requieren de otros procedimientos, sin embargo son mas o menos semejantes.

Resultados Obtenidos con la Cirugía Robótica

La técnica para realizar la **colecistectomía** no varía de la utilizada en la colecistectomía laparoscópica estándar, y dado que esta técnica es rutinaria en muchos centros, las ventajas que aporta la asistencia robótica son relativas, aunque el mayor grado de movimiento de los instrumentos constituye un potencial importante para el empleo de robots en reemplazo de laparoscopías de rutina.

En el campo de la **cirugía endocrina**, el procedimiento que más se ha decidido abordar con el robot es la adrenalectomía. No existe aún una gran experiencia, pero los cirujanos que la han realizado coinciden en la mínima pérdida sanguínea que se produce durante la intervención y la ausencia de complicaciones intra y postoperatorias, así como la ausencia de conversiones a cirugía abierta. La experiencia es más amplia en lo que se refiere a la **cirugía gástrica y esofágica**, incluyendo funduplicaturas, miotomías de Heller, cirugía de resección como esofagectomías y gastrectomías, y gastroyeyunostomías. Los diferentes autores coinciden en que la cirugía robótica restablece la coordinación ojo-mano y la visión tridimensional que se pierden con la cirugía laparoscópica convencional, y permite realizar procedimientos más complejos con más precisión y confianza y mejores resultados.

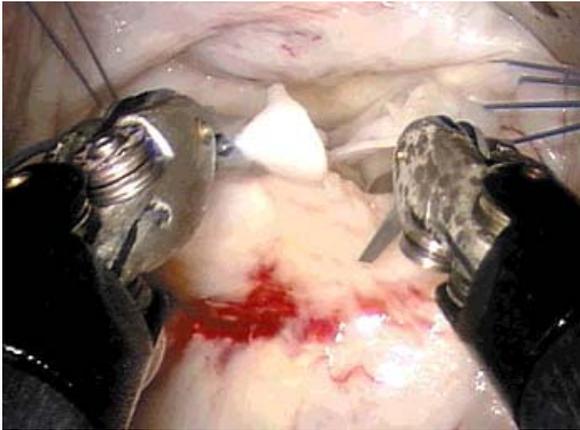


La **funduplicatura de Nissen** es uno de los pocos procedimientos que ha sido evaluado prospectivamente comparando sus resultados en la cirugía laparoscópica convencional y en la cirugía robótica. El estudio de Melvin y cols. comparaba 20 casos laparoscópicos con 20 casos robóticos y el del grupo de Cadière comparaba 11 con 10. En ambos casos se encontró inicialmente un alargamiento del tiempo de intervención en el grupo robótico y ninguna diferencia en cuanto a pérdida sanguínea, incidencia de complicaciones y estancia hospitalaria. La explicación es que este procedimiento está muy estandarizado para los cirujanos expertos en cirugía laparoscópica y por otro lado el montaje y puesta en marcha del robot requiere un aprendizaje inicial. El limitado número de casos de ambas series hace suponer que con más experiencia, el tiempo



necesario para la cirugía robótica tiende a igualarse con el de la laparoscopia convencional.

Para la **miotomía de Heller**, el robot aporta ventajas adicionales debido a la excelente visualización que proporciona de las fibras musculares de la pared esofágica, lo que facilita la identificación del plano submucoso, especialmente en pacientes que han sido sometidos a tratamiento con toxina botulínica o con dilataciones múltiples. Esto contribuye a evitar perforaciones de la mucosa esofágica. Además la miotomía distal, compleja en el abordaje laparoscópico, se simplifica con el gancho multiarticulado del robot.

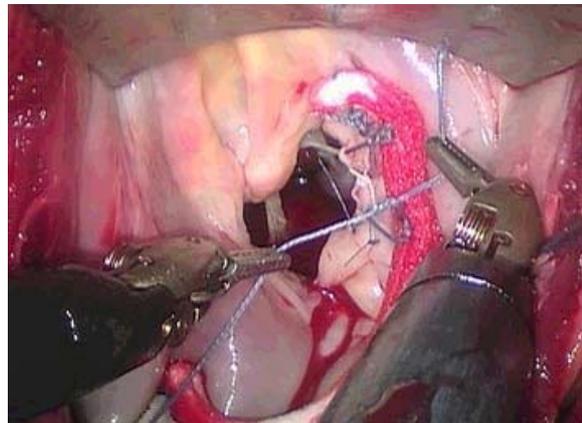


Ya existen grupos con una experiencia notable en los procedimientos referidos. El Academic Robotics Group estudió prospectivamente 211 intervenciones asistidas por robot para evaluar la seguridad y la utilidad de este tipo de cirugía. Todas ellas se realizaron entre junio del 2000 y junio del 2001 utilizando el robot Da Vinci. Entre los procedimientos realizados se encuentran: cirugía antirreflujo, colecistectomía, miotomía de Heller, resección intestinal, nefrectomía de donante vivo, movilización de arteria mamaria interna izquierda, by-pass gástrico, esplenectomía, adrenalectomía, laparoscopia exploradora, piloroplastia, gastroyeyunostomía, pancreatocistomía distal, polipeptomía duodenal, esofagectomía, extirpación de masa gástrica y adhesiolisis. El tiempo medio de ocupación del quirófano fue de 188 min., el tiempo medio de intervención de 143 min. y el tiempo medio de utilización del robot de 90 min. La estancia media postoperatoria fue de un día. Hubo ocho (4%) complicaciones técnicas durante los procedimientos, cinco menores y tres mayores (mal funcionamiento del sistema, que en dos casos requirió conversión a laparoscopia standard). En todos los casos, los problemas técnicos solo causaron retraso, no alteraron aparentemente el resultado de la intervención. Hubo complicaciones médicas/quirúrgicas en nueve pacientes (4%), seis de las cuales se consideraron mayores, incluyendo una muerte no relacionada con el procedimiento robótico.

La **cirugía laparoscópica del colon**, en sus diversos procedimientos, es otra de las beneficiadas con la introducción del robot, ya que este permite realizar la misma intervención, pero con una visión excelente y permitiendo al cirujano realizar los movimientos con mucha más precisión, lo que en última instancia se traduce en un importante

beneficio para el paciente en términos de menor tiempo de recuperación postquirúrgica y mejor preservación de los nervios pélvicos y otras estructuras.

Sin embargo, las mayores ventajas clínicas derivadas del empleo del robot se obtienen en la realización de técnicas complejas, como las que requieren anastomosis digestivas dificultosas de realizar con la laparoscopia convencional. Estas técnicas son también las que más tiempo de intervención requieren, y aquí la incorporación del robot añade la ventaja para el cirujano de proporcionarle una postura más ergonómica y confortable durante la intervención. Este factor puede ser fundamental en la consecución de buenos resultados. Uno de los procedimientos que actualmente se considera más complejo en su abordaje laparoscópico es el **by-pass gástrico** que se realiza para el tratamiento de la obesidad mórbida. El empleo de telemanipuladores en la cirugía bariátrica se remonta a 1998 (Cadière y cols, Bélgica, banda gástrica laparoscópica asistida con un sistema robótico llamado Mona, (de Intuitive Surgical). Desde entonces, en Europa no se ha acumulado una gran experiencia en este terreno, pero los cirujanos norteamericanos están aportando una serie de diferentes procedimientos. Cuanta más precisión se requiere para la realización de una anastomosis intracavitaria más utilidad aporta el equipo (seguridad y ergonomía). Por ello la tecnología robótica está siendo aplicada con éxito en muchos centros de cirugía bariátrica en todo los EEUU.

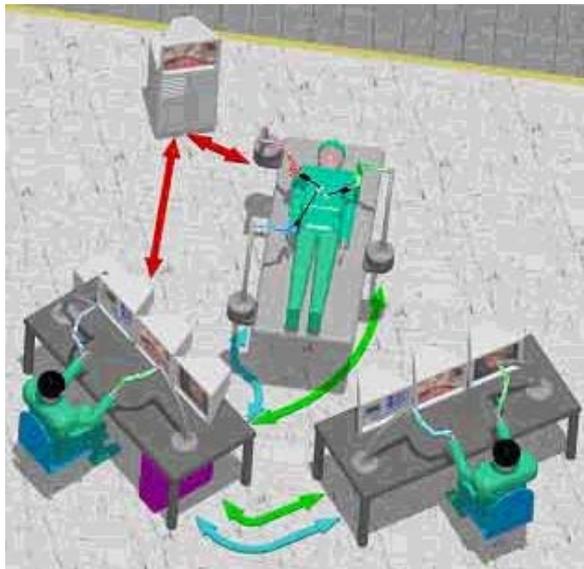


Cirugía Urológica Hay un número importante de publicaciones sobre la realización de procedimientos de cirugía urológica laparoscópica avanzada con tecnología robótica, documentando su eficacia y seguridad. Las técnicas más frecuentemente realizadas son la **prostatectomía radical**, la **cistectomía radical** y la **cirugía renal (nefrectomía y pieloplastia)**. El impacto de la cirugía robótica en esta especialidad también se considera muy prometedor. Existe ya una experiencia importante en prostatectomía radical laparoscópica con excelentes resultados publicados, en linfadenectomía pélvica por carcinoma prostático, en nefrectomía de donante vivo para trasplante, en adrenalectomías.

Cirugía Ginecológica Se ha publicado experiencia en **anastomosis tubáricas**, procedimiento este ideal para la introducción de la tecnología robótica porque la sutura microquirúrgica es difícil de realizar por laparoscopia



convencional. También existe ya experiencia inicial en la asistencia robótica de la **histerectomía** laparoscópica.



La Cirugía Robótica en el Futuro

Ventajas y Desventajas de esta técnica

A continuación, describiremos los pro y contras que en general presenta la cirugía robótica:

VENTAJAS:

- Permite operaciones mínimamente invasivas, por ende tiene la mayoría de las ventajas de esta frente a la cirugía abierta tradicional.
- Mayor grado de movimiento que en la cirugía laparoscópica.
- Efecto de Visualización Tridimensional.
- Posibilita la "presencia Virtual" del cirujano, son posibles operaciones a distancia.
- Permite efectuar movimientos más precisos que la laparoscopia, suprime el natural temblor de manos.

DESVENTAJAS:

- Evidentemente la mayor desventaja de este sistema es su elevado costo económico, que no permite masificar su uso y aplicación, este costo puede rondar comúnmente los 1.5 millones de dólares.
- En operaciones remotas, requiere personal médico de respaldo ante eventuales fallas del sistema.
- Son necesarias conexiones de data altamente seguras para garantizar el correcto funcionamiento del robot.

Conclusiones

- La cirugía robótica constituye una nueva alternativa técnica importante frente a las cirugías convencionales y laparoscópicas.
- Los costos económicos del sistema lo hacen de momento inviable en un contexto socio económico como el nuestro, sin embargo, es posible que en un

futuro, esperamos no muy lejano, los costos de estos sistemas disminuyan, como sucedió en su momento con los equipos para cirugía laparoscópica, lo cual contribuiría a su introducción en nuestros centros asistenciales.

- Se espera que el desarrollo tecnológico en cuanto a miniaturización y robótica sea acelerado en los próximos años, lo que posibilitaría darle aún mas autonomía a estos sistemas.

Por el momento, como se ha indicado, el oneroso costo económico del sistema lo hace poco atractivo para instituciones como EsSALUD, porque aunque presenta ventajas frente a la cirugía laparoscópica, estas no justifican un aumento tan desproporcionado de la inversión para la obtención de resultados, en la práctica muy semejantes a los obtenidos con las técnicas de cirugía mínimamente invasiva que son empleadas actualmente, como referencia diremos que el costo del equipamiento completo para realizar procedimientos de cirugía laparoscópica puede variar desde US \$ 15,000 hasta US\$ 120,000 según se configure el equipo, es decir la inversión puede cumplir una proporción de 1 a 12.5 veces (o inclusive más) con relación al precio de un robot quirúrgico.

Boletín Tecnológico Cirugía Robótica

Boletín N° 15

Edición :

Sub Gerencia de Evaluación Tecnológica
Gerencia de Planeamiento y Evaluación de Inversiones
Oficina Central de Planificación y Desarrollo

Comité Editorial:

- Dra. Elizabeth Zevallos Sánchez
- Ing. Max Bonilla Ruiz
- Ing. Jorge Documet Celis
- Lic. Raymundo Pillaca Ortega
- Ing. Luis Roca Maza
- Ing. Edgar Vilca Gray

Teléfono : 265-6000 / Anexo 2405

Email: rpillaca@essalud.gob.pe

Se invita a las personas interesadas en difundir artículos tecnológicos, tenga a bien remitirlo a la siguiente dirección electrónica:
rpillaca@essalud.gob.pe