

## LA ROBÓTICA EN LA MEDICINA

Recibido: septiembre 23 de 2003 – Revisado: noviembre 13 de 2003 – Aceptado: Noviembre 25 de 2003

JOSÉ DAVID RAMÍREZ GIRALDO  
CARLOS ANDRÉS GRAJALES VALENCIA<sup>1</sup>

---

### Resumen

*La robótica puede ser de gran utilidad en la medicina ya que es una herramienta muy apropiada en el momento de realizar cirugías complejas o donde el ojo del hombre le es difícil acceder. El robot se convierte en una herramienta fundamental en los momentos en que la presencia del hombre implique un riesgo, como por ejemplo la manipulación de explosivos, desactivar bombas, inspección de zonas tóxicas y en zonas de derrumbe, por ello en este artículo se quiere dar una nueva visión de las utilidades que tiene la robótica en la medicina y más puntual en la laparoscopia, que debido a la gran necesidad que se ha presentado en el mundo de la medicina en todo el mundo se han implementado muchas máquinas programadas (robots), para la utilización de métodos quirúrgicos donde el riesgo de la intervención sea demasiado leve y la recuperación del paciente sea óptima y en el menor tiempo posible, por ello en los Estados Unidos se implemento el robot DA VINCI para el mundo médico en general.*

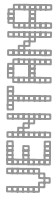
---

Los robots se encuentran frecuentemente en el medio industrial, en su mayoría, pero debemos saber que la robótica puede ser de gran utilidad en la medicina ya que la podemos utilizar como una herramienta muy útil en el momento de realizar cirugías complejas o donde el ojo del hombre le es difícil acceder.

Durante el desarrollo de este documento se mencionará como la robótica puede ser un medio para la mejora de la intervención quirúrgica, no solo en el momento de la operación, también la robótica móvil en el momento de reemplazar una extremidad del cuerpo humano.

---

<sup>1</sup> Estudiantes, Programa Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería, Universidad de Manizales. E-mail: [david5914@hotmail.com](mailto:david5914@hotmail.com) y [locoxon@hotmail.com](mailto:locoxon@hotmail.com), respectivamente.



En los últimos tiempos la robótica está produciendo grandes avances en la tecnología, que se ven reflejadas en diferentes áreas de la ciencia como la medicina. Algunos métodos sirven para la captación de imágenes, que permiten reconstruir modelos virtuales de los órganos que se necesitan examinar, para luego manipularlos para mejorar un diagnóstico y simular operaciones quirúrgicas.

Los grandes avances en informática y comunicaciones no solo se ven reflejados en la industria, también vemos un gran desarrollo en la medicina y de forma más particular en la cirugía, que nos ha dado como resultado un acelerado proceso de informatización de todas las áreas de la medicina. Los robots son un instrumento indispensable en la medicina, ya que son herramientas para ayudar a la mejorar de procesos quirúrgicos, además la robótica se desempeña en lugares donde antes no se podía llegar.

Los robots son manejados a distancia por los cirujanos, de esta forma se da origen a la cirugía robótica, tele presencia, tele cirugía o cirugía asistida por computadoras. Este tipo de cirugía se basa de conceptos como realidad virtual cibernética y se vislumbra como el arma quirúrgica del siglo XXI.

Con la realidad virtual el cirujano puede maniobrar al robot de forma que ejecute las órdenes del médico.

Cuando se maneja la realidad virtual en la medicina, se logra efectos de inmersión en 3D, navegación, interacción y simulación, sólo que ésta es sustituida por tiempo real, es decir lo que se ve en 3D en el monitor, es real y lo que se toca a través del robot, también es real.

La cibernética, es una parte de informática que digitaliza el movimiento y se divide en tres áreas importantes que son: autómata, biónica y robótica.

Uno de los ejemplos que podemos tomar es en la cirugía de corazón. *“Una importante historia médica se logró en este año cuando cirujanos realizaron un funcionamiento delicado para reparar una válvula en el corazón de un paciente. Durante el procedimiento, la válvula defectuosa del paciente se arregló y se reconstruyó”*.(Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, 2003)

La robótica ha jugado un papel importante durante décadas; a pesar de que el robot realice grandes operaciones, el que se encuentra al mando y controla sus acciones es el hombre. *“Los tele robots son una versión moderna de tecnología de manipulador esclavo, se han utilizado con éxito en las aplicaciones críticas por más de cuatro décadas. Los sistemas de esclavo han evolucionado en los sistemas telerobóticos electromecánicos sofisticados de hoy en día, han abierto nuevas técnicas para el*

*funcionamiento reforzado vía mediación por computadora*.(Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, 2003).

Los robots ahora pueden programarse para hacer movimientos de gran precisión y aceleración, pero no pueden hacer tareas que requieren una compleja interacción física y reacción a los eventos ambientales. En la medicina se presta para realizar operaciones delicadas, las cuales, pueden disminuir, la abertura en la zona de operación, la cual puede ser de solo milímetros y por esta abertura realizar la operación, aunque el desarrollo de la operación sea más compleja y con una gran precisión.

Los computadores siempre serán herramientas para proporcionar información vital a través de ultrasonido, ayuda al control tomográfico, y otras tecnologías de imágenes. En el presente se ha desarrollado los sistemas de robot como ayuda para el posicionamiento de las cámaras durante cirugías en las cuales su área de cirugía es muy pequeña.

La cirugía robótica o cirugía asistida por computadoras es un sistema interactivo computarizado, tan efectivo que desaparece la percepción del hombre, al sentirse sentado frente a un monitor y mostrarlo como un entorno real.

Etapas en la robotización de una operación quirúrgica:

1. Captación de imágenes tomográficas.
2. Reconstrucción virtual del órgano. Diagnóstico. Planificación. Intervención.
3. Control del robot en quirófano en base a la planificación.

### **Un poco de historia**

En 1992, en Palo Alto CA, el ingeniero Philippe Green realizó investigaciones en manipulación remota, desarrollando prototipos de sensores. Se trató de utilizar durante la guerra pero no era posible, debido a la gran interferencia de señales. Seguidamente el doctor Stephen Jacobsen desarrolló brazos y manos robóticas que replican por control inalámbrico los movimientos humanos.

Durante 1993, en un hospital de la Jolla, CA, el Dr. Jonathan Sackier utiliza el robot ESOPO como auxiliar en una cirugía de laparoscopia.

En el año de 1995, se formó la empresa Intuitive Surgical Inc., que adquirió los derechos de investigación del Dr. Green.



De 1994 a 2003, se han realizado más de 300.000 intervenciones quirúrgicas en todo el mundo.

### **La Laparoscopia: Cirugía invasiva mínima**

La robótica en la cirugía dio lugar a la laparoscópica o cirugía de mínima invasión. Este tipo de cirugías han dado una gran evolución hasta dar lugar a sistemas de 3D. Con esta gran evolución se introdujo el uso de robots o brazos mecánicos que se encuentran bajo el mando del cirujano.

Se ha procurado que los cortes en la piel sean mínimos y no se produzca ninguna herida sangrante mayor, solo un pequeño corte en la pared abdominal del paciente, para realizar la compleja cirugía. La cirugía asistida por robots permite mejorar la exactitud de algunas intervenciones.

*“Por la abertura de pocos milímetros en el ombligo se introduce una cánula, y un gas de ácido carbónico esterilizado infla paulatinamente el vientre.*

*Por medio de otros tres pequeños cortes, el cirujano introduce tres tubos de trabajo en el vientre hinchado. El primero sirve para ubicar un aparato óptico endoscópico que se encuentra acoplado con una cámara de video, y al mismo tiempo para poder iluminar el campo de operaciones aún a oscuras.*

*Todos los componentes del equipo de cirugía miran las señales que se ven en el monitor. Entre los intestinos, que han sido separados cuidadosamente aparece finalmente la masa rojo-café del hígado, y al final la cámara capta, con una ampliación de 6 veces el tamaño normal, la verdosa meta, o sea la vesícula biliar.*

*Todos los instrumentos incorporados en la fibra óptica, largos y delgados, comienzan a cortar con tijeras y pinzas en miniatura, el órgano afectado, bajo la permanente visión y control en el monitor.*

*También se puede apreciar que apenas se ve un hilo de sangre, enseguida entra en acción un cuchillo eléctrico que cauteriza los vasos sanguíneos cortados. Una tenaza toma la bilis extraída y la saca por el tubo de video, y al poner en un receptáculo el órgano extraído se corta y entra en revelación el mal que aquejaba al paciente que soportó fuertes dolores por años.*

*Al cortar se comprueba el cálculo biliar que provocaba el mal, y que se puede apreciar en la foto superior de la página siguiente. La operación, ha durado menos de 1 hora, y por el pequeño corte realizado en el vientre, el paciente puede levantarse por algunos minutos, el mismo día. De no haber*

*complicaciones, el paciente se puede ir a su casa a los 2 días pudiendo comer lo que le guste de inmediato". (Urriza Macagno)*

Los robots pueden ser autónomos, los que necesitan de un programa diseñado para realizar ciertas actividades y esclavos, los que no tienen capacidad de movimiento autónomo y son absolutamente dependientes.

En la cirugía de laparoscopia es utilizado el robot esclavo, porque éste debe depender de las decisiones del cirujano; es decir que es absolutamente dependiente del juicio, de los conocimientos y de la habilidad del médico. El robot esclavo posee una estructura que semeja la anatomía de los brazos humanos, capaz de imitar los movimientos de diversas articulaciones como las del hombro, codo, muñeca y manos.

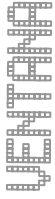
Uno de los cinco centros médicos del mundo, que realizan cirugía general con el robot Da Vinci, es el Centro de Cirugía Robótica y de Invasión Mínima de la Universidad de Illinois en Chicago. El proyecto Da Vinci se creó con el fin de investigar las futuras aplicaciones de la robótica en cirugía. Este sistema consta de una consola maestra (Figura 1), un robot esclavo (Figura 2), instrumentos, interfaz gráfica de usuario y sistema de obtención de imagen.



**Figura 1.** Consola maestra.

La consola maestra (Figura 1) es decir, la mesa donde el cirujano controla los movimientos del robot, está constituida por:

- Manipulador maestro de instrumentos derecho.
- Manipulador maestro de instrumentos izquierdo.
- Pedal de activación de la unidad de electro cirugía.
- Módulo electrónico que consta de: suministro de energía, banco de baterías e interface digital.



Este robot está constituido por tres brazos, uno de ellos contiene el manipulador para la cámara y los otros dos, los manipuladores de instrumentos. Cada brazo está constituido por un circuito, un adaptador de interface remoto, motores, poleas, líneas de angulación y articulaciones.

### **Instrumentos**

Los instrumentos son: tijera, bisturí, diferentes tipos de pinzas, ganchos, disectores y porta-agujas. DA VINCI posee 7 grados de libertad de movimientos, es decir, puede realizar 117,649 movimientos, esto es el 0.019% del total de la capacidad del brazo del ser humano. 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 Da Vinci.



**Figura 2.** Robot esclavo.

### **Interfaz gráfica de usuario**

*“Una computadora con procesador Pentium de 200 mega hertz y 64 mega bytes de memoria RAM y 20 procesadores Sharc en el controlador constituyen el sistema. Usando esta interface es como el cirujano puede realizar la cirugía, ampliando o disminuyendo sus movimientos en escalas de (1: 1, 1 :3, 1 :5), reposicionando la cámara. La interface controla y mantiene la localización precisa de cada uno de los 48 motores (seis veces el número de motores de un robot estándar). El software implícito en esta interface garantiza la seguridad del paciente, pues si el cirujano hace un movimiento brusco, el sistema 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.” (CIBERHABITAT CIUDAD DE LA INFORMÁTICA. “Cirugía robótica” [on line]: <http://www.ciberhabitat.gob.mx/plano.htm>)*

### **Sistema de obtención de imagen:**

Este sistema es utilizado en la laparoscopia, debido a su enfoque en 3D real. Posee una cámara que genera dos señales, que al unirse forman una señal de video estereoscópica para crear una imagen en 3D, al cirujano mover la cámara dentro del campo de operación consigue el efecto conocido como "navegación".



Mediante la cámara, el cirujano puede “navegar” dentro del cuerpo del cirujano, de esta forma encuentra la zona afectada y empezará a desarrollar la complicada operación. El cirujano siempre está viendo los instrumentos que utiliza a través de los monitores.

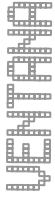
Todo movimiento realizado por el robot, es originado en las manos del especialista, que genera comandos producidos por la consola maestra y pasan por un sistema que digitaliza y efectúa estos comandos, para luego transmitirlos al robot que ejecutará lo dispuesto.

### **Ventajas**

- Da al cirujano una mayor visión en el área de operación, ya que cuando se hace la laparoscopia, el cirujano pierde la visión tridimensional del campo operatorio y debe conformarse con una visión bidimensional, permite trabajar a través de pequeñas incisiones en el pecho del paciente y reduce su tiempo de recuperación.
- Las imágenes que se perciben por el monitor pueden aumentar hasta 20 veces el tamaño normal, lo que permite al cirujano ver los órganos con más detalle.
- Permite al cirujano una mayor libertad con este método que con la cirugía Laparoscópica tradicional.
- Elimina el temblor de la mano, y le permite realizar movimientos imposibles para la laparoscopia.
- Permite mayor precisión en los movimientos.
- Se pueden realizar operaciones a distancia, lo cual evita desplazarse tanto al paciente como al médico que la efectúa.

Los beneficios que trae al paciente son muy importantes, ya que disminuye el área de operación y la cicatriz que deja es muy pequeña, además disminuye el tiempo de operación, de la estadía hospitalaria y un menor dolor durante su recuperación.

Una de las metas que se debe alcanzar, es operar a distancia con el robot Da Vinci, pero por ahora es difícil, porque entre más lejos este el operador de la máquina, más se pierde la información, aunque si se cubriera de fibra óptica sería superada esta condición.



La laparoscopia también trabaja con la telemedicina, ya que utiliza las cámaras para transmitir datos sobre el paciente, además cada una de las funciones del robot son controladas por un cirujano y cada orden es transmitida por pequeñas redes que comunican al cirujano con el robot.

Los avances en telemedicina son indispensables, debido a las posibilidades de manejar la imagen video - endoscópica a través de redes y facilitar el intercambio de información.

### Bibliografía

ATIENZA., Oscar Alfredo. "Informática Médica" [on line] En: <http://www.medicin.com.ar/robotica.asp>

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS.  
"Brazo Robot Manipulado vía Internet". Guadalajara Jal. México C.P 2003.  
[on line] En: <http://proton.ucting.udg.mx>

CIBERHABITAT CIUDAD DE LA INFORMÁTICA. "Cirugía robótica" [on line]:  
<http://www.ciberhabitat.gob.mx/plano.htm> Disponible en:  
<http://www.ciberhabitat.gob.mx/hospital/robotica/bibliografia.htm>

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INFORMÁTICA PARA LA INGENIERÍA.  
"Robot móvil autónomo". [on line] En: <http://www.frc.utn.edu.ar/agv/>.

NAVAZO, Isabel. "Informática, robótica y medicina". Instituto de Informática y Robótica Industrial, IRI (CSIC-UPC). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. [on line] En: <http://www.csic.es/>

URRIZA MACAGNO, Roberto Ángel. "La Laparoscopia (Cirugía invasiva mínima)" [on line] En: <http://www.cp.com.uy/66/medicina66.htm>