

Cirugía robótica

Carlos
Arroyo

La cirugía robótica parece una idea tomada de una película de ciencia ficción y, seguramente, la visión que tenemos de ella ha sido influida por imágenes como las de la película *Star wars*, en la que Luke Skywalker es atendido médicaamente por unos robots que incluso le implantan un brazo robótico. Las posibilidades de aplicación de robots en la cirugía han motivado la investigación en este campo, y hoy en día ya son una realidad. La palabra robot proviene del checo; según el diccionario de la lengua española de la Real Academia quiere decir “trabajo o prestación personal” y la define como: “una máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas sólo a las personas”.

El concepto de robot lo empleó por primera vez, en 1921, el escritor Karel Čapek, en su obra titulada *R.U.R.* (*Robots Universales Rossum*). El término se deriva del checoslovaco *robota*, que significa una labor tediosa o servil. En su libro, Čapek plantea que se crearon robots para servir a la sociedad, pero eventualmente hubo una rebelión que culminó en matanzas y en la esclavitud de los humanos. La idea de los robots “malignos” que pueden dañar al hombre se popularizó posteriormente en un gran número de novelas. Por esta razón, Isaac Asimov planteó en *Yo, robot* tres reglas inviolables para asegurar que los robots permanezcan siempre bajo el control de sus creadores.

Actualmente, los robots han sido integrados en diferentes campos, entre los que se encuentran la manufactura de automóviles, el manejo de materiales peligrosos para el hombre, e incluso nos sustituyen en viajes al espacio que implicarían un gran riesgo y serían demasiado prolongados para un ser vivo. Específicamente en medicina se han empleado diversas tecnologías robóticas que han facilitado

ROBOT	TIPO	APLICACIÓN	MÁS INFORMACIÓN
Zeus	Maestro-esclavo	Cirugía de corazón, próstata, vesícula	www.computermotion.com
Da Vinci	Maestro-esclavo	Cirugía de corazón, próstata, vesícula	www.intuitivesurgical.com
Inch-worm	Activo autónomo	Colonoscopía	www.ntu.edu.sg/home/mrcas95/groups/crobot/locomoti.html
Probot	Activo	Cirugía benigna de próstata	www.me.ic.ac.uk/case/mim/index.htm
Robodoc	Activo	Prótesis de cadera	www.robodoc.com
CASPAR	Activo	Prótesis de rodilla	www.orthomaquet.de
Minerva	Activo	Neurocirugía	www.foresight.org/nanomedicine/surgery.html
AESOP	Activo	Manejo de cámara voz activado	www.computermotion.com

TABLA I. Diferentes robots empleados en medicina, se incluye su tipo y aplicación en cirugía.

el tratamiento de varios padecimientos. Tal es el caso, por ejemplo, de la cirugía del ojo asistida por computadora, en la que se proporciona la información acerca de la geometría y características del globo ocular a un sistema computarizado, el cual guía los cortes a realizar para corregir las deficiencias visuales. Sin embargo, robots que tengan una inteligencia artificial semejante a la humana todavía no existen; es factible que en un futuro no tan lejano se diseñen robots con algo comparable a una conciencia y mente propias, que junto con una libertad de movimiento superior a la del hombre (gracias a los materiales con los que estén construidos), les van a permitir realizar actividades imposibles para nosotros o con una mejor eficiencia que la de los humanos.

En la medicina esto suena atractivo a pesar de que hasta la fecha ninguna máquina cumple con lo anterior. En este ámbito, el cirujano robot correspondería a un manipulador controlado por computadora, capaz de percibir las partes del cuerpo humano y de mover los instrumentos quirúrgicos para efectuar una cirugía. En la actualidad se clasifica a los robots como pasivos, cuando permiten ubicar y mantener en posición algunos instrumentos para facilitar al cirujano el procedimiento quirúrgico, y activos, cuando el robot mueve los instrumentos y realiza la cirugía. Dentro de estos últimos existe lo que se conoce como los sistemas maestro-esclavo, en los que el robot manipula los instrumentos, pero es el cirujano el que le indica al robot cómo hacerlo.

De acuerdo con esta clasificación se han construido varios robots pasivos que permiten la realización de cirugías relativamente simples, como las biopsias estereotáxicas, en las que el neurocirujano alimenta las características del tumor a operar en un sistema computacional que controla un robot encargado de introducir la aguja para la toma de la muestra de tejido sospechoso.

Entre los robots activos destaca uno creado por IBM, denominado Robodoc. Se trata de un sistema experimental que permite implantar una prótesis de cadera con mayor superficie para su fijación, en un perro. El primer robot del tipo activo utilizado en humanos es el Probot, creado por el Imperial College en Londres y que ayuda a realizar una resección de tejido benigno de la próstata; este robot incorpora en su punta un sistema de ultrasonido que le permite crear una imagen tridimensional de la próstata, así el cirujano selecciona qué partes del tejido debe cortar el Probot (Tabla I).

Se busca que los robots mejoren los resultados de la cirugía tradicional volviendo los procedimientos menos agresivos; esto explica por qué la mayoría de los avances en cirugía robótica se han dado en el campo emergente de la cirugía mínimamente invasiva, conocida como cirugía laparoscópica. Ésta consiste en la introducción en el cuerpo de una cámara e instrumentos mediante los cuales se realiza la cirugía; para ello se han implementado diferentes robots, y uno de los primeros fue el robot activado por voz conocido



FIGURA 1. Componentes del robot maestro-esclavo tipo Da Vinci utilizado hoy en día en muchos hospitales del mundo.



FIGURA 2. La tecnología Endowrist permite imitar los ángulos del movimiento de la mano humana mediante la flexión de los instrumentos en distintos ejes.



FIGURA 3. Se observa cómo el robot maestro-esclavo tipo Da Vinci traduce los movimientos de la mano del cirujano en movimientos del instrumental.

como AESOP (siglas en inglés de Sistema Óptimo de Posicionamiento Endoscópico Automatizado), que actualmente se utiliza en forma rutinaria en centros especializados en cirugía laparoscópica. Este robot consiste en un brazo mecánico conectado a una computadora que reconoce órdenes verbales sencillas y que el robot traduce en movimientos de la cámara laparoscópica. El AESOP libera un brazo del cirujano y así se disminuye el número de personas que se requieren para la cirugía, con la ventaja de que la imagen de la cirugía no va a moverse ni a temblar como lo haría un cirujano que sostiene una cámara durante un periodo largo de tiempo. El costo promedio de este robot es de 90,000 dólares.

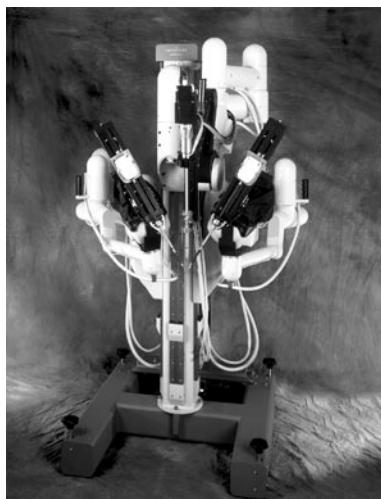


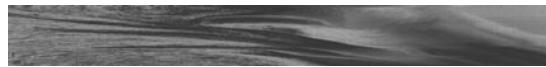
FIGURA 4. Brazos mecánicos. El central sostiene y mueve la cámara de visión interna, y los dos laterales permiten la introducción y movimiento del instrumental.

Robots de una nueva generación son los sistemas maestro-esclavo, que incluyen a los robots Da Vinci y Zeus. Estos sistemas permiten lo que conocemos como cirugía asistida por robot, en la cual el cirujano utiliza brazos mecánicos que repiten los movimientos que realiza en una consola. En la consola computarizada se tiene un visor que transmite la imagen que es captada por la cámara laparoscópica ubicada en uno de los brazos mecánicos. El sistema consta de un conjunto de manivelas que se adaptan al dedo pulgar e índice del cirujano, con los cuales controla el movimiento de los brazos mecánicos. Los brazos mecánicos son tres, uno para sostener la cámara laparoscópica, y otros dos que manipulan los instrumentos quirúrgicos (tijeras, pinzas, electrocauterios, porta-agujas, etcétera). Una característica importante de estos instrumentos es su libertad de movimiento en seis y siete diferentes ángulos, que intenta emular los arcos de movimiento efectuados por la articulación de la muñeca humana. Esto es un gran avance si consideramos que toda la cirugía laparoscópica tiene como limitante que los movimientos se realizan sin poder flexionar los instrumentos, siendo el cirujano el que se adapta a estas restricciones durante la cirugía.

Entre las ventajas que ofrece la consola se encuentra que el cirujano puede realizar la cirugía sin estar en contacto con el paciente, y no debe vestirse con ropa estéril. La imagen que se observa en el visor es tridimensional, gracias a un sistema de dos cámaras laparoscópicas en el paciente, esto le permite al cirujano tener una percepción de profundidad que podría en

alguna forma sustituir la deficiencia de tacto que se tiene en este tipo de cirugía. Por otra parte, la manipulación de las manivelas para controlar los movimientos de los instrumentos por los brazos mecánicos se realiza en tiempo real. Esto tiene una importancia fundamental si consideramos que la cirugía implica movimientos rápidos y delicados para evitar un daño en el paciente. En la tecnología que se utiliza para los instrumentos se incluye la articulación tipo muñeca (Endowrist), que permite que se flexionen sobre su eje, dando una libertad de movimiento para el instrumental quirúrgico de más de tres ejes. Además, el sistema computacional tiene la capacidad de escalar los movimientos desde 2:1 hasta 5:1, así como filtrar el temblor del cirujano, haciendo posible la realización de cirugía con desplazamientos mínimos del cirujano y sin las restricciones debidas a su pulso. Aunado a esto existe la posibilidad de coordinar los movimientos de la cámara e instrumental con los movimientos del paciente; esto es especialmente útil cuando se trata de cirugía cardiaca, en la que no se requiere que el corazón del paciente se detenga. Se pueden aplicar suturas en el corazón mientras late, puesto que el cirujano gracias a los filtros de la computadora ve una imagen estática del corazón, así mismo esto permite colocar suturas para la realización de *by-pass* coronario (puentes arteriales en casos de infartos) y otras cirugías de corazón.

La gran mayoría de cirugías asistidas por robot se realizan en procedimientos laparoscópicos como ya se mencionó, en esta



cirugía se introducen en el paciente los denominados puertos, unos instrumentos que permiten inflar con gas la cavidad que se va a operar, para poder crear un espacio en el cual disponer los instrumentos y la cámara para efectuar la cirugía. La cirugía laparoscópica se inició cuando se encontró que insuflando aire en el abdomen de un animal experimental era posible insertar una cámara de cistoscopia (cámara utilizada para revisar la vejiga), que permitió observar los órganos abdominales del animal. La laparoscopía, en la práctica, comenzó a utilizarse en ginecología alrededor de 1940 para diagnosticar alteraciones en el útero; para 1986 empezó a tener un gran auge en la cirugía gastrointestinal y a finales de los años 1990, en urología. Actualmente en casi todas las especialidades quirúrgicas se utiliza la cirugía laparoscópica. Esta técnica quirúrgica reduce el daño a los tejidos, provoca menos sangrado y dolor postoperatorio, y facilita una más rápida recuperación de los pacientes. Por ello, este tipo de cirugía se está ya realizando en diferentes partes del mundo en forma rutinaria.

Es importante mencionar que otro campo de aplicación de los robots es el entrenamiento de cirujanos. La cirugía laparoscópica tiene una curva de aprendizaje muy lenta, lo que obliga a un entrenamiento especializado y de larga duración. Se ha planteado que los robots asociados a simuladores podrían contribuir significativamente en la preparación de cirujanos;

© Elizabeth Castro Regla, de la serie *Mutaciones*, 2002-2003.





© Elizabeth Castro Regla, de la serie *Mutaciones*, 2002-2003.

también con los sistemas maestro-esclavo se podría facilitar el uso del instrumental reduciendo el tiempo de entrenamiento para el cirujano.

PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

En el año 2000, la FDA (Food and Drug Administration), organización encargada de regular la práctica médica y el uso de medicamentos en los Estados Unidos, aprobó el sistema quirúrgico Da Vinci para su uso en quirófanos; esto lo hace el primer sistema robotizado para cirugía en humanos. Lamentablemente, el costo del robot es de cerca de un millón de dólares, sin incluir el material desechable empleado para cada cirugía (cada pinza, tijera o cauterio cuesta alrededor de 2,000 dólares y solamente se puede utilizar en 10 cirugías). Sin embargo, a pesar de su alto costo, las ventajas de la cirugía robótica parecen prometedoras ya que permitirá, por ejemplo, que un mismo cirujano controle varios robots en diferentes quirófanos, o incluso efectuar telecirugías, en las que el cirujano no se encuentre ni siquiera cerca de la sala de cirugía. Podemos imaginar a un especialista realizando una intervención a distancia, incluso en el espacio, donde los astronautas colocarán al paciente bajo los brazos robotizados, y el cirujano en la Tierra llevará a cabo la cirugía.

En lo que respecta al desarrollo de los robots, en un futuro próximo se diseñarán instrumentos que puedan flexionarse en un mayor número de ángulos, lo que implica una mayor libertad de movimiento durante la cirugía y superar incluso los movimientos restringidos de la mano del hombre. También habrá una tendencia a disminuir el tamaño de los brazos robóticos, al punto de que probablemente se llegue al nivel de unas pequeñas "arañas robóticas". Por otra parte, para detectar los movimientos de las manos del cirujano podrían usarse guantes con sensores y si se aunara un visor que transmitiera una imagen interior del paciente, se llevaría a cabo una cirugía en una realidad virtual, con el cirujano trabajando con las manos en el aire y pequeños robots realizando los procedimientos quirúrgicos en el cuerpo del paciente.

Todavía no hay robots que sustituyan totalmente al cirujano, sin embargo, es altamente probable que llegará el momento en que los robots tendrán un importante papel en la medicina, podrán detectar y reparar las anomalías en el cuerpo humano fungiendo como un robot médico cirujano.

**Carlos Arroyo, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Dr. Salvador Zubirán, Departamento de Urología.
jcak1@yahoo.com**