

## *Artículo especial*

### **El Cirujano Virtual**

Claudia Torres Castañeda  
Centro de Idiomas U.V.

#### **Tomado de: Satava RM. The virtual surgeon. The sciencies. Nov-Dec. 1998: 34-39**

La robótica, las imágenes en 3-d y la simulación computarizada presagian un cambio importante en la educación y la práctica quirúrgica.

En todas las épocas han existido personas, de quienes se esperaría una mejor visión de las cosas, que insisten en que su arte, su quehacer, dedicación y conocimiento han alcanzado un punto de expresión y desarrollo que no es posible superar. Tomemos el caso de Berkeley G.A. Moynihan, distinguido cirujano inglés nacido en 1865. Moynihan colaboró en el desarrollo de los avanzados rituales asépticos de la cirugía moderna y fue uno de los primeros cirujanos en adoptar el uso de los guantes de caucho en las operaciones quirúrgicas. Gracias a estos avances y a muchos otros del siglo XIX e inicios del XX, incluyendo la anestesia y el microscopio, la imagen de la cirugía como una práctica de "aserrar huesos" fue desterrándose rápidamente. Sin embargo, Moynihan no fue tan sofisticado cuando se trataba de predecir acerca del futuro de su disciplina. Motivado por los sucesos de su era, escribió en 1930: "No debemos esperar que el arte de la cirugía alcance una perfección mayor de la que es posible hoy. Estamos al final de un capítulo".

Moynihan murió en 1936, y la cirugía, por supuesto, continuó desarrollándose a un paso vertiginoso. En 1952, la primera operación a corazón abierto se realizó gracias a la bomba corazón pulmón. La máquina mantuvo artificialmente la circulación dentro de los grandes vasos mientras que el corazón se detenía temporalmente durante la operación. En la década de los sesenta, se desarrollaron los endoscopios flexibles que incorporaban fibras ópticas que permiten al cirujano observar dentro de órganos huecos, tales como la vejiga o el colon. El rayo láser empezó a funcionar como un cuchillo microscópico muy preciso en cirugías internas o de los ojos. Recientemente, el laparoscopio auxiliado por una cámara de video

ha permitido al cirujano hacer incisiones en el abdomen del tamaño de una cerradura, con el fin de examinar u operar órganos enfermos. Desde los setenta se han realizado muchos otros descubrimientos tecnológicos, los cuales Moynihan nunca hubiera imaginado. Por ejemplo, innovaciones como la tomografía axial computarizada (TAC) y las imágenes de resonancia magnética (IRM), las que han probado ser piedras angulares en el diagnóstico no invasivo de la enfermedad.

Lo que todos los desarrollos e innovaciones recientes tienen en común es su relación con la era de la informática. Esta tecnología se ha extendido a todos los campos de la vida cotidiana e influye profundamente en todas las áreas del quehacer humano, desde la telecomunicación y la banca hasta la eficiencia del combustible automovilístico. Mas lo que ésta promete a la práctica de la cirugía está apenas descubriendose. Así como el nacimiento de la cirugía moderna en la época de Moynihan surgió a través de una feliz convergencia de descubrimientos separados, la cirugía en la era de la informática avanzará básicamente a través de la integración de varias tecnologías recientes. Las innovaciones en la interfase de la computadora, mejor conocidas por el nombre genérico de realidad virtual, permitirán a los cirujanos manipular imágenes complejas en tercera dimensión y proporcionarán el sentido ficticio de estar tocando dichas imágenes. Sistemas de imágenes en estéreo, computadoras y manipuladores robot se combinarán para crear un nuevo marco de trabajo en la realización de procedimientos quirúrgicos, y, en consecuencia, el beneficio de esto trascenderá la sala de operaciones, ya que al liberarse de los límites geográficos, el cirujano del futuro rutinariamente utilizará un sistema audiovisual de 2 vías, tanto para guiar a los estudiantes como para consultar a sus colegas.

Estos avances ya existen fuera del mundo de la mera imaginación. Por ejemplo, en

1991 VPL Research Inc., una compañía fundada por el pionero de la realidad virtual Jaron Lanier, creó un modelo computarizado tridimensional del nervio óptico que puede ser estudiado desde cualquier ángulo. En 1994, los radiólogos Ron Kinkinis y Ferenc A. Jolesz y el neurocirujano Peter M. Black, todos del Brigham and Women's Hospital en Boston, empezaron a realizar neurocirugías en las que una representación en tercera dimensión del cerebro, formada por el ingreso continuo de imágenes de tomas de resonancia magnética, se sobrepuso a la imagen en vivo del video. Con esta tecnología, los cirujanos pueden señalar la ubicación de un tumor cerebral dentro de los 0.5 milímetros –precisión sin precedentes-. En 1997, los cirujanos Jacques Himpens y Guy Bernard Cadière del Saint Blasius Hospital, cerca de Bruselas, realizaron la primera operación de vesícula por medio de telecirugía, o cirugía realizada desde una localidad remota.

Algunos componentes de la cirugía en la era de la informática –lo que muchos llaman cibercirugía- ocupan ya un lugar, como es el caso de la inteligencia artificial y la computación de alta resolución. Sin embargo, gran parte de la tecnología aún está siendo perfeccionada, y el costo permanece como una barrera infranqueable para su aplicación clínica. Pero para aquellos que pueden ver más allá del presente –y particularmente para las generaciones de cirujanos jóvenes, para quienes el uso de la computadora es una práctica cotidiana– es claro que la cirugía se encamina a otra revolución. El futuro de ésta –y de la medicina en general– no está en poner atención a los órganos del cuerpo, sino a la información computarizada.

Actualmente, el procedimiento que mejor muestra los avencimientos de la revolución quirúrgica es la laparoscopía. Podría resultar que con el transcurrir del tiempo ésta sea considerada como una cirugía de transición, una etapa hacia la telecirugía total. El laparoscopio básico es un tubo de acero inoxidable, aproximadamente de un pie de largo y media pulgada de diámetro, con un ojo detector en un extremo. El cirujano inserta el tubo a través de una pequeña incisión abdominal, usualmente en

el hemiabdomen inferior, abajo del ombligo. Se realizan otras incisiones más pequeñas en el abdomen para introducir los instrumentos laparoscópicos, los cuales típicamente tienen un mango en un extremo y pinzas o tijeras en el otro. Fibras ópticas guían la luz a través del laparoscopio, por lo que, hasta hace unos pocos años, el cirujano tenía que poner el ojo directamente en el extremo final del aparato con el fin de ver dentro del cuerpo. Esto significaba que tenía que sostener el laparoscopio con una mano, dejando libre la otra para tomar biopsias o hacer una intervención.

El problema fue resuelto cuando se incorporaron pequeñas cámaras de video en miniatura dentro del laparoscopio. A pesar de la luz de baja intensidad dentro del los órganos, las cámaras pueden desplegar una imagen de buena calidad sobre el monitor de video, y así permitir al cirujano mantener ambas manos libres. Un beneficio importante y secundario es que otras personas en la sala de operaciones, incluyendo la enfermera instrumentista, pueden observar la cirugía en el monitor y estar listas para asistir en caso necesario.

Esta revolución en cirugía mínimamente invasiva surgió a partir de la unidad de varias tecnologías que habían estado disponibles por años. Por ejemplo, la fuente de luz a partir de la fibra óptica se derivó del boroscopio de fibra óptica, instrumento en la caja de herramientas de cualquier mecánico de aviación desde los años cincuenta, utilizado para inspeccionar el interior de los motores de un jet. La cámara miniatura de video se originó de las cámaras construidas dentro de las videocámaras en los setenta, y los instrumentos laparoscópicos son fundamentalmente los mismos utilizados y diseñados por el gran cirujano francés Ambroise Paré en el siglo XVI.

Sin embargo, a pesar de los avances que ha traído el descubrimiento del laparoscopio, éste ha provocado también que la cirugía dé un paso atrás. En realidad, esta cirugía, que como se dijo anteriormente es mínimamente invasiva, tiene grandes ventajas sobre la cirugía abierta: causa menos dolor, requiere de una estancia hospitalaria más corta y la recuperación es más rápida; sin embargo ha creado también nuevos

problemas: el cirujano pierde la visión tridimensional, el sentido del tacto, así como parte de su destreza y de su coordinación natural ojo-mano.

El monitor de video representa el interior real del paciente, pero proporciona sólo una imagen plana de dos dimensiones lo que limita la comprensión perceptual del cirujano. Además, los instrumentos del laparoscopio son torpes y constraintuitivos. Imagine, por ejemplo, la torpeza que se experimenta al tratar de comer sin doblar la muñeca, o cuán limitada es su destreza al sacar, con unas pinzas, una mazorca de una cubeta con agua hirviendo. El cirujano siente el mismo tipo de frustración al trabajar con el largo y rígido instrumento del laparoscopio.

La tercera dificultad es que el sentido del tacto está casi ausente; el cirujano siente poca presión del mango del laparoscopio al tocar o manipular un órgano. Finalmente, la disposición de los instrumentos relacionados con el monitor del video, el paciente y el cirujano es incómoda. Debido a que los monitores son voluminosos, están a menudo colocados a un lado y no al frente del cirujano, lo cual significa que el médico no está mirando en dirección de sus manos mientras realiza la operación. La coordinación natural entre la percepción visual y el movimiento de las manos que el cirujano ha conocido desde que jugaba en una caja de arena, debe ser olvidada y, en su lugar, deben practicarse nuevos movimientos constraintuitivos.

En cada una de las dificultades mencionadas, la realidad virtual puede jugar un papel correctivo, por lo que algunos sistemas nuevos para la telecirugía ya han sido diseñados con el fin de resolverlas. Tales sistemas prometen conservar tanto los beneficios de la cirugía mínimamente invasiva como recuperar la experiencia intuitiva de la cirugía abierta en tercera dimensión.

Entre estos sistemas están los diseñados por Philip S. Green, del SRI Internacional, Menlo Park, California; por Yulun Wang, de Computer Motion, Inc., Goleta, California; por Gerhard Buess, de la Universidad de Tübingen, Alemania, por investigadores en la

Forschungszentrum en Karlsruhe, Alemania; y por Ian W. Hunter del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Cada sistema toma un enfoque un tanto diferente en cuanto a cómo mejorar la cirugía laparoscópica. Lo que todos ellos tienen en común es una interfase conectada a los dispositivos de entrada y salida.

¿Qué significa esto? En la telecirugía, el cirujano se sienta en una consola de control central – la cual puede estar en el mismo cuarto del paciente o en una ciudad distinta. La idea es dar al cirujano el estímulo sensorial adecuado de manera que tenga la sensación de estar realizando la cirugía directamente sobre la persona. En el SRI y en los sistemas de Movimiento Computarizado, el cirujano, desde su ubicación en la consola sujetá los mangos de los instrumentos que se ven y se sienten como los materiales quirúrgicos reales. La imagen del paciente se proyecta de tal manera que el cirujano puede mirar hacia abajo, como mirando dentro del abdomen, y alargar las manos por debajo de la pantalla para sentir el mango de los instrumentos, cuyas puntas aparecen en la imagen proyectada. Cuando el cirujano mueve los mangos, las puntas de los instrumentos se mueven también; por otro lado, el cirujano siente la resistencia de los tejidos –aunque no hay tales en la consola quirúrgica-. La cirugía es realizada por un manipulador remoto, usualmente laparoscópico, asistido por una enfermera en el lugar donde está el paciente. La percepción de estar haciendo cirugía abierta – el tocar, asir y cortar órganos con las propias manos- es por lo tanto devuelta al cirujano sin exponer al paciente a los riesgos de la cirugía tradicional.

El sistema SRI (actualmente autorizado al Intuitive Surgical, Inc., de Mountain View, California), fue el que utilizaron los cirujanos belgas durante la exitosa operación de vesícula mencionada anteriormente. En estudios iniciales en animales, este sistema también demostró poder realizar otros numerosos procedimientos quirúrgicos comunes: resección gástrica (extirpación de una parte del estómago), esplenectomía (extirpación del bazo), y colocación de un injerto aórtico (sustitución, en

la parte inferior del cuerpo, del principal vaso sanguíneo lesionado por un tubo sintético).

Además, la telecirugía no está limitada a la cirugía abdominal. En junio de 1997, los cirujanos cardiólogos franceses Alain Carpentier y Didier Loulmet realizaron, con esta técnica y con el Sistema Quirúrgico Intuitivo/SRI, la primera cirugía de corazón, en el Hospital Broussais en París. Pudieron abrir una arteria bloqueada por medio al extraer la parte enferma, e injertaron un segmento de reemplazo, sin abrir el tórax del paciente. En resumen, realizaron una cirugía coronaria de puenteo usando técnicas mínimamente invasivas.

En el sistema Karlsruhe el cirujano se sienta en una cabina, frente a la consola de controles, con un banco de pantallas de video al frente y dos controles quirúrgicos de entrada suspendidos desde atrás, sobre los hombros. Los controles se acomodan sobre el cirujano en forma similar a la manera en que un instructor de golf se coloca a las espaldas de un aprendiz para ayudarlo a sostener el palo. Esta posición permite el seguimiento preciso de los movimientos naturales del antebrazo, hombros y manos del cirujano; este resultado natural adquiere mayor realce por medio de los monitores, que muestran al cirujano diferentes imágenes internas del paciente, así como también una visión panorámica de la sala de operaciones. Es decir, en lugar de dar al cirujano la sensación de que está lejos del paciente observando dentro del abdomen, el sistema le permite la percepción de estar sosteniendo los mangos de los instrumentos que están colocados prácticamente dentro del abdomen.

Indudablemente, varios de los sistemas de telecirugía son desarrollados con la finalidad de llevar la experiencia del cirujano más allá de las capacidades humanas normales. Hunter, por ejemplo, ha diseñado un sistema para mejorar la destreza en la cirugía oftálmica. Debido a la cercanía de los vasos sanguíneos retinianos, una de las dificultades de la cirugía moderna, a este nivel, es que el láser debe colocarse con suma precisión, a no más de 25 micrones de la lesión. Si el láser alcanzara un vaso sanguíneo, el impacto podría causar un coágulo en la retina y finalmente ocasionar ceguera. Además, la mano

humana no puede colocar de manera certera un instrumento quirúrgico a menos de 100 micrones del objetivo; la fatiga muscular en la mano rápidamente crea tremor, con una frecuencia de ocho a catorce ciclos por segundo; y, para complicar aún más las cosas, el ojo del paciente no está fijo, sino que también tiene un movimiento natural de 200 ciclos por segundo.

El sistema de telecirugía Hunter ofrece una solución a estos problemas. Primero, rastrea el movimiento del ojo del paciente con una cámara montada en una plataforma, de tal manera que el ojo aparece inmóvil sobre la pantalla de video; puede disminuir en un centenar de veces el tremor de la mano del cirujano. Si ésta se mueve un centímetro, un láser se movería únicamente 100 micrones. Al mismo tiempo, la imagen de video de cada vaso retiniano puede ser magnificada al tamaño de un dedo; finalmente, a través de un proceso sofisticado de señales digitales y de técnicas de filtrado, la interfase computarizada puede eliminar el tremor normal de la mano. De allí que, al combinar todas estas técnicas, el sistema permite colocar el láser dentro de los 10 micrones de su blanco, lo que proporciona una seguridad 10 veces mayor que cuando no se utiliza.

Todas los nuevos sistemas de telecirugía incorporan sensores simples que pueden transmitir al cirujano una sensación de presión, o de resistencia al tacto. Con la finalidad de añadir la percepción de la textura y la forma del objeto que se pinza a la sensación gruesa de aprehensión, numerosos investigadores, incluyendo a Bues y David L. Brock del ITM, incrustan dispositivos táctiles miniatura en los extremos de los instrumentos de presión. Aunque la visión es hasta ahora el sentido mejor desarrollado en la telecirugía, con el tiempo el sentido del tacto jugará un papel más importante que el que tiene ahora en la creación de la experiencia virtual.

Los sistemas de telecirugía fueron inicialmente desarrollados para "mejorar" la destreza del cirujano. Éste se sentaba cerca del paciente, a sólo unos pasos de distancia, como es el caso de las operaciones de corazón, en París, y de vesícula, en Bélgica. Pero el uso de

las computadoras y otros sistemas electrónicos para mejorar la habilidad del profesional condujeron a algo inesperado: la posibilidad de la cirugía a distancia. Una vez que el movimiento se convierte por medio de la computadora en señales electrónicas, existe la posibilidad de transmitirlas a sitios distantes.

Los sistemas de telecirugía en desarrollo utilizan una conexión directa por medio de un cable electrónico o una inalámbrica en distancias muy cortas. Mas permanece como un sueño a realizar el poder proporcionar a nivel mundial capacitación telequirúrgica calificada, particularmente a los países del Tercer Mundo que carecen de ella.

Por ahora, cualquier cirugía de este tipo se llevará a cabo solo a través de distancias muy cortas, por que las transmisiones a larga distancia por medio de satélite crean un retraso en las señales, debido a que los geosincrónicos, al circular sobre la tierra a una altura aproximada de 22,000 millas, necesitan más de 1.5 segundos para recibir, procesar y enviar de regreso las señales, lo que crea una barrera para la telecirugía, porque el operador humano no está capacitado para compensar la demora.

La información sobre el entrenamiento de los astronautas, por ejemplo, muestra cómo los retrasos entre el movimiento de la mano y el movimiento resultante del servomecanismo (en este caso el brazo de un vehículo espacial), afectan la habilidad del individuo para controlarlo. Los retrasos de menos de 25 milisegundos son imperceptibles; sin embargo, si éste es de 50, el operador sabe que algo anda mal y, automática e intuitivamente, lo compensa. Cuando el retraso alcanza cien milisegundos, el operador percibe claramente la demora pero puede ser entrenado para corregirla. Cuando el retraso es de 200 milisegundos, es casi imposible compensarlo, aun con un buen entrenamiento. Si el retraso es de 200 milisegundos o más, los sistemas de telecirugía se desestabilizan y tienden a fallar. De allí que, al menos en el futuro inmediato, los sistemas de telecirugía probablemente podrán utilizarse sólo donde el retraso de tiempo sea menor a los 200 milisegundos, lo que posibilita una transmisión inalámbrica, con un máximo de

30 millas, o una por cable con un máximo de 200.

Las técnicas de realidad virtual en la práctica quirúrgica tienen aplicaciones que van más allá de la cirugía en sí; tienen un gran potencial para su uso en la educación médica y en la planeación quirúrgica. A pesar de los avances formidables en el conocimiento, son pocos los cambios en la educación médica en los últimos 30 años. La mayoría de las escuelas aún enfatizan la memorización, mientras que los estudiantes tienen poco apoyo contextual que los ayude a organizar todo el conocimiento que deben retener.

Las imágenes generadas por computadora pueden proporcionar el marco de aprendizaje intuitivo que los estudiantes necesitan. En 1994, la Biblioteca Nacional de Medicina realizó la primera fase de su innovador Proyecto el Humano Visible, dirigido por el ingeniero biomédico Michael J. Ackerman. El Proyecto, accesible en la dirección de Internet: <[http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible\\_human.html](http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html)>, ha creado una imagen digital de 2 humanos, hombre y mujer. Los cortes seccionales, con espesores desde un tercio a cinco milímetros, han sido obtenidos de imágenes de resonancia magnética y de tomografía computarizada de cuerpos, así como de fotografías digitales de cortes congelados de un cuerpo. Las propiedades de textura y los signos vitales deben ser añadidos, pero una vez que el proyecto esté completo, los estudiantes podrán relacionar los nombres de los órganos con las imágenes, con lo que lograrán una comprensión plena de las partes del cuerpo y de sus interrelaciones.

Algunos otros mundos virtuales han sido desarrollados para demostrar la anatomía básica y servir como modelos rudimentarios de simuladores para entrenamiento quirúrgico. Por ejemplo, en 1991, Lanier y yo creamos el primer simulador para entrenamiento de cirugía abdominal. Las imágenes de los órganos fueron creadas por un programa simple de dibujo gráfico por computadora que permitió al estudiante "navegar" alrededor y a través de los diferentes órganos para tener una idea de sus interrelaciones físicas. El simulador también

incluía varias herramientas laparoscópicas virtuales, las cuales permitieron al estudiante o cirujano practicar técnicas quirúrgicas endoscópicas.

Otro mundo virtual es el simulador de trauma de extremidades, desarrollado en 1994 por el ingeniero biomédico Scott L. Delp de MusculoGrAphics, Inc., en Evanston, Illinois. Delp empezó con una pierna del varón del Proyecto Humano Visible y simplificó el modelo para proporcionar los cálculos computacionales de alta velocidad requeridos para el simulador de traumatismos. Aunque no es una imagen tan realista como la de la pierna en el Humano Visible, el simulador puede recrear las propiedades de los tejidos, sangrado, heridas y la interacción de los instrumentos quirúrgicos con éstos. Además, el simulador permite el debridamiento virtual (lavado y curación) de la herida, la remoción de fragmentos de hueso y la detención de una hemorragia virtual.

Los educadores médicos están empezando a valorar los poderes y posibilidades de la realidad virtual. En la Universidad de San Diego California, el maestro Helene M. Hoffman ha creado una aplicación de software para enseñar anatomía que combina la realidad virtual con recursos educativos multimedia de 2 dimensiones. El sistema híbrido permite a los estudiantes aprender anatomía y ver estudios similares en patología, histología y radiología. Por ejemplo, el estudiante puede aprender anatomía del tracto gastrointestinal en tercera dimensión, ver imágenes de una úlcera y videos de la toma de una biopsia efectuada a la misma.

Cuando se agrega información de un paciente real a simuladores anatómicos, estos pueden ayudar al cirujano a planear y practicar una intervención quirúrgica real. Como lo mencioné anteriormente, el equipo médico del Brigham and Women's Hospital dependía de tomas de resonancia magnética del cerebro, puestas sobre una imagen de video del área del cerebro del paciente a operar, para colocar sus instrumentos quirúrgicos. Para planear el procedimiento, el cirujano observa una representación en 3-D de la anatomía del paciente, la cuál puede ser rotada,

transparentada o cortada seccionalmente en cualquier forma imaginable. Otros algoritmos de la visualización sofisticada pueden también ser aplicados, éstos fueron originalmente desarrollados para la planeación y rastreo de los vuelos de misiles crucero. Con este software, el cirujano puede "navegar" a través de los órganos virtuales del paciente.

La expectativa para tal entrenamiento quirúrgico y sistema de planeación es prometedora. Estudios preliminares sugieren que una hora de entrenamiento en un simulador quirúrgico equivale a 3 horas con un cadáver humano o animal. Un beneficio adicional de los sistemas virtuales podrá ser reducir el número de animales necesarios para la formación de un cirujano.

¿Por qué no se utilizan todavía las técnicas de la cibercirugía? De hecho algunas han sido implementadas pero no de manera extensa. Estas tecnologías necesitan mayor refinamiento por ejemplo, la resolución de las imágenes debe mejorarse para que se vean menos caricaturescas, y la información fisiológica relevante del paciente debe agregarse a la anatomía básica. En mi opinión, esto se logrará pronto a medida que la influencia de la computadora aumente.

El costo es otra barrera para la utilización de esta tecnología. Aunque en general las tecnológicas de la información son dramáticamente más baratas que las industriales, piense en el costo de una calculadora de bolsillo comparado con el de un máquina sumadora antigua, lograr ese ahorro requerirá una penetración masiva de dicha tecnología en el mercado. Los sistemas de cirugía laparoscópica, cuyo uso es muy común ahora, cuestan generalmente entre \$40,000 y \$60,000 U.S. Pero un equipo de telecirugía en 3-D cuesta por lo menos el doble.

Lo que se necesita son análisis explícitos de costo beneficio de las formas de cirugía más recientes. Aquí, en mi institución, la Universidad de Yale, así como también en la del Estado de Pennsylvania, en Hershey, y en la de Chicago, se abren centros de simulación y entrenamiento quirúrgico para evaluar el costo y la efectividad de los nuevos adelantos

tecnológicos. Para que la cibercirugía gane amplia aceptación, serán necesarias muchas demostraciones convincentes.

De adoptarse la cibercirugía, particularmente la telecirugía a distancia, los asuntos relacionados con su autorización, la emisión de licencias, responsabilidad y aceptación social también deberán clasificarse. Bajo la ley actual, los cirujanos deben obtener autorización del estado donde deseen trabajar. La telecirugía a través de las fronteras estatales plantea una interrogante obvia: ¿A qué tipo de licencia o autorización estatal debe apegarse el cirujano? Asimismo, en caso de que ocurra un accidente, ¿qué ley estatal regiría el inevitable litigio? Por último, como pasa con todas las nuevas tecnologías, tanto el cirujano como el paciente deben vencer la resistencia natural al cambio. Pero a medida que una nueva generación, formada entre video juegos y el Internet, se consolida, pienso que tal resistencia desaparecerá. Lo que parece un cambio drástico en la práctica quirúrgica a la presente generación muy bien podría volverse la norma y la expectativa de la próxima.

Claro está que la prueba final para cualquier cirugía es el grado de beneficio que proporcione al paciente. Nuevas tecnologías y conceptos deben ser siempre probados por medio de evaluaciones rigurosas. Sin embargo, es importante no menospreciar nuevas ideas debido a antiguos prejuicios. Ello significaría sofocar nuestra visión del futuro en una tierra plana de 2 dimensiones y robarle a nuestra sociedad una tecnología de muchas posibilidades.

---

**Richard M. Satava** es profesor de cirugía en la Escuela de Medicina de la Universidad de Yale director del programa para la Defence Advanced Research Project Agency (DARPA), Director del Commercial Space Center for Medical Informatics and Technology Applications de la NASA. Durante 20 años, fue cirujano militar en la armada de los Estados Unidos, tanto en el país como en el extranjero. Es autor de numerosos artículos y capítulos de libros. Editó y colaboró en la publicación del libro: *Cibersurgery: Advanced Tech. For Surgical Practice*, publicado en 1995, por Wiley-Liss, Inc.