



La cirugía del siglo XXI

Nuevas tecnologías

JUAN CARLOS GÓNGORA ARANGO*, JACQUES MARESCAUX**

Resumen

Los cirujanos estamos presenciando la revolución más importante de la cirugía en toda su historia. La llegada de la informática permitió el desarrollo de la cirugía mínimamente invasiva. La realidad virtual y la simulación están invadiendo las salas de cirugía y han cambiado completamente la forma de entrenamiento quirúrgico. Los robots están demostrando ser el mejor aliado del cirujano, permitiéndole alcanzar objetivos jamás imaginados. Poco a poco estamos cambiando la manera de manejar a nuestros pacientes.

Introducción

Actualmente los cirujanos nos enfrentamos a una cantidad considerable de nuevos términos como: cirugía laparoscópica, realidad virtual, simulación, teleconferencia, telepresencia y cirugía robótica. Estos términos pueden resultar un poco pesados, desconocidos e inclusive aparentemente inalcanzables. En el año de 1995 había 112 publicaciones en Medline relacionadas con telemedicina y para este año ya existen 4.300¹. En vista de lo anterior y del rápido avance de la investigación en cirugía, el cirujano de este nuevo siglo debe conocer cuál es su significado y su aplicación actual y futura².

El objetivo central de esta revisión es acercar al lector a lo que parece el cambio más importante en la historia de

la cirugía y formar un sentido de necesidad en la práctica cotidiana.

La revolución de la informática

Muchos cambios en nuestra vida han ocurrido gracias al incremento en el poder de los computadores. El mejor ejemplo es el *Internet*, el cual provee acceso inmediato a información que hace pocos años era casi inalcanzable. El computador hace parte de todas las áreas de la vida cotidiana y la cirugía no podía escaparse a ello³.

La primera revolución en la cirugía se dio a finales del siglo XIX, cuando se unieron los esfuerzos de Bilioth con sus nuevas técnicas e instrumentos, de Lister con la antisepsia, de Virchow con la patología y de Moore con la anestesia⁴. Desde entonces, sólo se habían logrado pequeñas variaciones en las técnicas e instrumentales utilizados en cirugía⁵. Inclusive algunas de las pinzas que utilizamos rutinariamente en cirugía laparoscópica son las mismas que se utilizaron hace treinta años para la manipulación de materiales tóxicos y radioactivos⁶.

Pero las cosas han cambiado. Aunque ocasionalmente no nos damos cuenta, la medicina está llena de información digital⁷. En el *National Science Foundation Workshop on Medical Applications of Virtual Reality* en 1994, se concluyó que un médico maneja el 80 a 90% de su información de manera digital⁴. El paciente hace la cita por *Internet*, la historia clínica se maneja en el computador, el hemograma y la tomografía son representaciones digitales de la fisiología y la anatomía, se evalúa al paciente observando los monitores de presión arterial y pulso, y actualmente hemos remplazado gran parte de nuestros textos de consulta por CD-ROM y sitios de *Internet*.

* Cirugía General. Cirugía Laparoscópica Avanzada. Instituto de Ciencias de la Salud CES, Medellín, Colombia. Instituto de Investigación Contra el Cáncer del Aparato Digestivo IRCAD. Instituto Europeo de Telecirugía EITS, Estrasburgo, Francia.

** Profesor y Jefe del servicio de Cirugía Digestiva y Endocrina Universidad Louis Pasteur. Presidente del Instituto de Investigación Contra el Cáncer del Aparato Digestivo IRCAD y del Instituto Europeo de Telecirugía EITS, Estrasburgo, Francia.

Hace poco más de 10 años no creíamos que se hubiera realizado una colecistectomía por vía laparoscópica. Ahora somos testigos de la realidad. La cirugía endoscópica ha cambiado la forma de operar en todas las especialidades quirúrgicas. El paso de la era industrial a la era de la informática es responsable de todos los avances que se dan actualmente en cirugía. Estamos cerrando el capítulo de los procedimientos invasivos y abriendo el de los procedimientos mínimamente invasivos⁴. Quizás estamos presenciando la más grande revolución en la historia de la cirugía.

Aplicación actual

Esta revolución tiene un impacto muy importante sobre la enseñanza médica y el entrenamiento en cirugía⁸. Un estudiante de medicina ya no tiene que imaginar cómo son las ramas de la aorta; ahora puede sentarse frente a su computador personal para observarla, rodearla, y reconocer sus órganos vecinos, inclusive puede tocarla o si lo desea puede navegar en su interior y sentir la textura de una placa ateromatosa. De igual manera, un residente de cirugía puede navegar por el tracto gastrointestinal, ver una úlcera, sentirla, hacer una biopsia virtual, predecir qué ocurriría con el tratamiento médico e inclusive realizar la cirugía a su paciente cuantas veces lo desee antes de llevarlo al quirófano.

Actualmente, múltiples instituciones en el mundo investigan, perfeccionan y utilizan de rutina la informática aplicada a la cirugía.

Telemedicina

La telemedicina es la utilización de las comunicaciones basadas en la informática (telemática), en el campo médico^{9, 10}. Es la transmisión de la historia clínica, radiografías, placas de patología e intervenciones quirúrgicas con el objetivo de realizar una interconsulta¹¹, brindar educación¹², entrenamiento¹³ o asistencia a un cirujano¹⁴ que se encuentra a distancia. Para transmitir la información médica se requiere digitalizarla¹². Digitalizar es convertir los átomos en bits^{15, 16}, lo cual se representa perfectamente cuando enviamos un correo electrónico en lugar de colocar una carta en el correo.

Como se había mencionado previamente, la digitalización hace parte del mundo del cirujano. En cirugía laparoscópica el cirujano se guía por una imagen en un monitor; esto es realmente un órgano físico convertido en un órgano digital, las tomografías y resonancias son representaciones digitales de la anatomía y la oximetría de pulso es la representación digital del contenido de oxígeno en la sangre del paciente¹⁷.

La telemedicina permite realizar interconsultas e intercambiar conceptos sin desplazar al paciente. De esta manera un *staff* médico internacional puede evaluar y tomar decisiones acerca de casos clínicos complejos, resultando en el mejor beneficio para el paciente y para el médico. Otra posibilidad con la telemedicina es la educación y el entrenamiento en cirugía a pesar de que los cirujanos en formación y los expertos se encuentren a cientos de kilómetros de distancia unos de otros.

Pero para lograr los mejores resultados se requiere que la telemedicina sea interactiva. La interactividad es la posibilidad que tienen los participantes de hablar, preguntar y discutir durante una sesión de transmisión en vivo. De esta manera, si la información ofrecida en la presentación inicial es insuficiente para algún participante, éste podrá solicitar un dato específico de la historia clínica o inclusive ver un sitio de interés en una imagen radiológica con el objetivo de formarse una idea clara del caso clínico que está siendo objeto de discusión¹.

Demartines, *et al.* realizaron un trabajo para evaluar la utilidad de la telemedicina en la educación quirúrgica y el cuidado del paciente. Se realizaron reuniones médicas periódicas entre seis hospitales localizados en cuatro países de Europa. Se discutieron casos clínicos difíciles e interesantes y se transmitieron diferentes técnicas quirúrgicas para su demostración y discusión. Los autores encontraron que la interactividad durante las reuniones es imprescindible, ya que en el 22% de los casos la presentación inicial fue insuficiente para formarse un juicio clínico. Se logró realizar un diagnóstico exacto en el 95% de los casos y el 86% de los participantes estuvieron satisfechos con la calidad educativa ofrecida durante la reunión¹.

Teleconsulta

Realizar interconsultas a distancia es sin duda una rama de gran aplicabilidad en telemedicina. Existen áreas en la medicina donde se utiliza rutinariamente. La telerradiología es el envío de imágenes radiológicas digitales a distancia. En el campo militar se ha comprobado el valor de la transmisión de tomografías computarizadas y resonancias magnéticas con excelente calidad de imagen¹⁸. El envío de imágenes de patología para una segunda opinión también está ampliamente aceptado¹⁹, pero si el patólogo consultante puede mover y seleccionar la mejor imagen usando telecomandos, la precisión diagnóstica es mucho más alta. De esta manera, la interactividad toma un papel importante en la teleconsulta.

La teleconsulta permite disminuir el número de remisiones de pacientes para interconsultas y manejos especializados. Esto se traduce en disminución de los costos de traslado

y aquellos provenientes de la usual conducta de repetir los exámenes en la institución que recibe al enfermo⁹.

Teleconferencia

La teleconferencia es una parte de la telemedicina. Es la realización de una conferencia en vivo, en la cual el expositor permanece en su lugar de trabajo sin tener la necesidad de viajar hasta el sitio donde se encuentran los participantes. Éstos a su vez, tienen la posibilidad de interactuar con el expositor, realizando preguntas y discutiendo los casos a pesar encontrarse a cientos de kilómetros de distancia¹².

En los cursos avanzados de cirugía laparoscópica del IRCAD-EITS (Instituto de Investigación Contra el Cáncer del Aparato Digestivo - Instituto Europeo de Telecirugía) en Estrasburgo - Francia, la teleconferencia es una modalidad frecuentemente utilizada (figura 1). Los participantes observan al conferencista presentando sus diapositivas, gráficas y videos en una gran pantalla con excelente calidad de sonido e imagen y sólo deben activar su micrófono para interactuar con el experto. Así la disponibilidad de expertos de todo el mundo se incrementa, ya que no existe la necesidad de viajar, los costos disminuyen y finalmente los participantes asisten a una enseñanza de nivel internacional accediendo al estado del arte de las nuevas técnicas quirúrgicas.



FIGURA 1. Auditorio IRCAD - EITS que permite la aplicación de la telemedicina.

Telesistencia (*telementoring*)

La telesistencia es la colaboración y docencia que un cirujano experto ofrece en tiempo real al cirujano que realiza la cirugía. El cirujano experto, localizado a distancia del quirófano, ob-

serva el procedimiento con las mismas condiciones de calidad de imagen y sonido que el cirujano operante¹⁷.

Una de las experiencias más interesantes fue la publicada por Cubano M., *et al.*²⁰, donde cirujanos a bordo del portaaviones Abraham Lincoln realizaron cinco procedimientos laparoscópicos mientras eran guiados por expertos en tierra. El autor demostró que la telesistencia es aplicable en sitios donde no exista la disponibilidad de un cirujano experimentado.

De otro lado, la telesistencia permitirá en un futuro próximo la acreditación quirúrgica en cualquier lugar del mundo. Es decir, un grupo de cirujanos expertos evaluarán, calificarán y certificarán el conocimiento y entrenamiento de cirujanos a distancia^{21, 14}.

Realidad virtual

La realidad virtual es un mundo en tercera dimensión creado por el computador que permite al participante sumergirse, navegar e inclusive modificarlo¹². Este mundo debe ser lo más parecido posible al mundo real. La realidad virtual utiliza formas de comunicación (interfaces) entre el ser humano y el computador, más avanzadas que las maneras actuales. Se sustituyen el teclado, el *mouse* y el *joy stick* por cascos, guantes y vestidos interactivos.

Una tomografía computarizada es una representación digitalizada de la anatomía. Si ésta se imprime en papel fotográfico lo que estamos haciendo es disminuyendo su capacidad de ofrecer información, pero si en cambio se visualiza en un computador, con el *software* y los recursos adecuados, la podremos observar en tercera dimensión²² y de esta manera obtenemos un órgano virtual. A un órgano específico reconstruido en tercera dimensión se le puede calcular su volumen, realizar vistas endoluminales virtuales, tocarlo e inclusive viajar en su interior^{12, 17}. En el caso del colon, si se utiliza un modelo de navegación militar se obtiene una colonoscopia virtual. La colonoscopia virtual no es invasiva y puede identificar lesiones de 0,5 cm de diámetro, similar a una colonoscopia actual.

Sólo es necesario imaginar lo que se puede hacer aplicando la misma tecnología sobre otros órganos como la vía biliar, los vasos sanguíneos y los bronquios²³.

Simulación

La simulación es un sistema o un ejercicio que habilita al participante a reproducir o representar bajo condiciones de prueba, fenómenos que ocurren comúnmente en la vida coti-

diana. La simulación se basa en la realidad virtual utilizando imágenes en tercera dimensión¹². El ejemplo más claro son los simuladores de vuelo. Estos simuladores han demostrado ser efectivos en el entrenamiento y evaluación de pilotos, militares y astronautas²⁴.

Hoy en día los simuladores son usados en medicina. Chopra utiliza modelos de simulación para enfrentar a residentes de anestesia a situaciones poco comunes y de urgencia. Este autor ha encontrado que los residentes responden más rápida y eficazmente a situaciones como hipertermia maligna e isquemia coronaria que aquellos que no son entrenados en el simulador²⁵.

En un órgano virtual y con la ayuda de la simulación, el cirujano puede planear un procedimiento quirúrgico y con la tecnología adecuada (*interfaces, software*), puede realizar la cirugía planeada cuantas veces lo desee. Luego puede elegir las mejores cirugías, editarlas, retirarles los falsos movimientos y finalmente lograr el procedimiento perfecto para un paciente específico. Es exactamente lo mismo que hace el director de cine cuando repite una escena varias veces hasta lograr la deseada²⁶. Con base en lo anterior, Altobelli planea procedimientos de cirugía reconstructiva maxilofacial a partir de las imágenes en tercera dimensión de pacientes con anomalías faciales de tipo traumático o congénito²⁷.

Un modelo de simulación de cirugía hepática desarrollado por Marescaux, permite al cirujano sumergirse y navegar en el órgano. Así, el cirujano conoce la anatomía del hígado, la localización del tumor y su relación con los vasos y conductos biliares. El autor utiliza este modelo para planear y simular el acto quirúrgico en repetidas ocasiones, obteniendo finalmente un procedimiento perfecto¹² (figura 2).

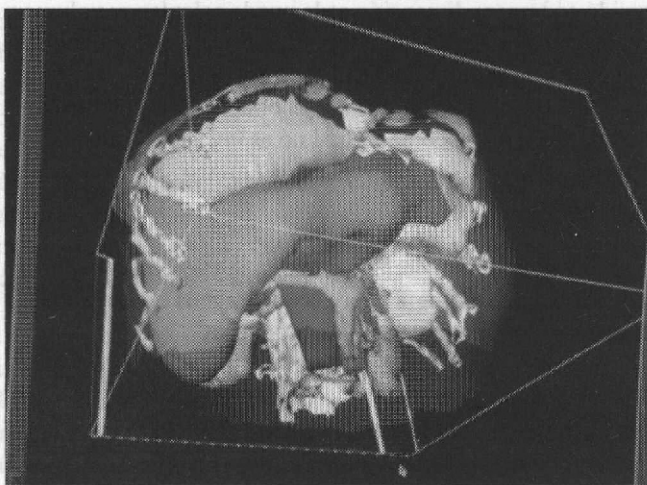


FIGURA 2. Reconstrucción tridimensional para simulación de cirugía hepática.

Ahora, si no sólo se toman los datos anatómicos, sino que también se integran en un computador los datos fisiológicos y patológicos del paciente, se obtiene un paciente virtual. A este paciente virtual se le pueden aplicar terapias virtuales, tanto médicas como quirúrgicas¹⁷. Por ejemplo, en cirugía de cáncer se puede hacer un balance entre la radicalidad y el daño orgánico, se puede saber cuál será la respuesta al trauma quirúrgico en el posoperatorio, se predicen los resultados y la morbilidad, y por ende se evitan complicaciones. De otro lado el paciente conocerá casi exactamente cuál es el riesgo al que se enfrenta y los resultados esperados.

Otra posibilidad con la simulación es crear un mapa quirúrgico en tercera dimensión con base en los datos obtenidos de la navegación y simulación preoperatorias. Si el día del procedimiento se superpone este mapa a la imagen del monitor, el cirujano obtendrá una visión de rayos x, lo que significa realizar una cirugía más exacta y segura⁴.

No es difícil imaginar todos los cambios que esto traerá sobre la educación médica y el entrenamiento quirúrgico. Actualmente un residente de cirugía puede realizar cuantas veces lo desee un procedimiento quirúrgico sobre un modelo virtual, es decir, se convierte en casi un experto, antes de hacerlo realmente por primera vez en un paciente.

Cirugía robótica

La cirugía asistida por robots o cirugía de telepresencia es la utilización de un manipulador (aparato) programable para la realización de tareas a través de movimientos programados y variables en un acto quirúrgico²⁸.

La primera mención del uso de robots en instrumentación quirúrgica se dio a principios de la década de los setenta, con el objetivo de hacer cirugía a distancia en el espacio²⁹.

En cirugía los robots son ampliamente utilizados y tienen ventajas con relación a los humanos: tienen mayor exactitud y precisión espacial y pueden repetir múltiples veces el mismo procedimiento con iguales resultados²⁸. Por ejemplo, el cirujano puede tomar aquel procedimiento perfecto logrado a través de la simulación, programarlo en un robot y finalmente éste lo ejecutará de manera perfecta sobre el paciente^{12, 26}.

Actualmente existen varios sistemas robóticos que se utilizan rutinariamente en cirugía. Cada robot tiene características y alcances específicos y según eso son utilizados para fines diferentes. Día a día se demuestran más ventajas de la utilización de los robots.

AESOP 3000 es un robot que conduce la cámara en cirugía laparoscópica. Este robot entiende las órdenes vocales

del cirujano y las ejecuta con movimientos muy exactos. El cirujano puede limitar la amplitud de los movimientos del robot para evitar accidentes. Este robot ha demostrado que es funcional, mientras disminuye el número de cirujanos necesarios en un acto quirúrgico³⁰. ARTEMIS es un sistema de manipulación quirúrgica, de origen alemán, dotado de instrumentos poliarticulados que le permiten alcanzar movimientos jamás logrados en cirugía laparoscópica. Este robot, utilizando visión en tercera dimensión, puede rodear estructuras circulares como un vaso sanguíneo o el esófago gracias a las múltiples articulaciones que poseen sus brazos⁶. ZEUS (Computer Motion) es un robot que permite al cirujano operar a distancia del paciente. Consta de una consola con dos controles tipo pinza de disección y un monitor que suministra una imagen en dos dimensiones (figura 3).



FIGURA 3. Cirugía Lindbergh utilizando el sistema robótico ZEUS.

Hunter utiliza la robótica en cirugía oftalmológica. Su sistema de telepresencia en cirugía de retina, le permite observar los vasos retinianos del tamaño de un dedo, el robot hace que un milímetro de movimiento de la mano del cirujano se traduzca en 10 micras de movimiento del instrumento y así la precisión obtenida es 20 veces mayor que sin asistencia³¹.

Existen otras áreas como cirugía cardiovascular, rehabilitación, neurocirugía, ortopedia y urología, en las cuales se utilizan actualmente los robots en la práctica diaria^{21, 32-37}.

Telecirugía

La telecirugía es un área que se origina de la robótica. Se combinan la telecomunicación y la utilización de robots para realizar procedimientos quirúrgicos a distancia³⁸.

En septiembre de 2001, se llevó a cabo el primer procedimiento transatlántico de la historia, llamado "Cirugía Lindbergh". El cirujano (JM) localizado en Nueva York - USA, realizó una colecistectomía laparoscópica a una paciente de 68 años hospitalizada en Estrasburgo - Francia, con la ayuda del sistema robótico ZEUS. La transmisión se realizó por cable de fibra óptica obteniendo un retardo de sólo 150 milisegundos (ida y vuelta de la señal), a pesar de existir una distancia de 7.500 km entre las dos ciudades (figura 3).

Mientras que en la actualidad no existe un beneficio directo demostrado para los pacientes, los robots manipulados a distancia parecen ser excelentes en condiciones en las cuales sea imposible tener a un cirujano experto disponible, como en el espacio, bajo el mar o en campo de guerra^{28, 40}, además de tener un papel importante en la educación quirúrgica a distancia.

Papel de la cirugía laparoscópica

La cirugía laparoscópica actual se originó con la llegada de la informática a la cirugía⁴. Teniendo digitalizada la información y representándola en una pantalla, se comenzaron a realizar los procedimientos laparoscópicos actuales. La laparoscopia originó el cambio en cirugía pero no es el paso final⁴¹.

Cuando el cirujano realiza cirugía laparoscópica se enfrenta a algunas limitaciones como la pérdida en la libertad de los movimientos⁶, la necesidad de operar basado en una imagen de dos dimensiones, la pérdida en la percepción de la textura y resistencia de los órganos y la necesidad de utilizar ocasionalmente posiciones poco ergonómicas. Con la utilización de robots se recuperan muchas de aquellas características perdidas en cirugía laparoscópica.

Cadiere realizó 78 procedimientos quirúrgicos en humanos, utilizando el sistema Da Vinci, un robot que comprende una consola con instrumentos tipo *joy-sticks* y una visión en tercera dimensión. El autor asegura que el robot devuelve los grados de libertad perdidos en laparoscopia, facilita la manipulación de instrumentos en paredes abdominales gruesas, elimina el temblor normal de las manos del cirujano, ofrece una posición ergonómica y permite trabajar a distancia del paciente⁴².

Existen actualmente sistemas robóticos que devuelven al cirujano la posibilidad de sentir la textura, la flexibilidad y la resistencia del tejido que está manipulando. Con el sistema de cirugía de telepresencia de Green, un robot con imagen en tercera dimensión, el cirujano recupera el sentido del tacto a través de retroalimentación de la fuerza ejercida, por lo tanto el cirujano opera percibiendo las mismas sensaciones que en cirugía abierta^{43, 44}.

La cirugía laparoscópica es sólo un paso intermedio en lo que está por venir en cirugía, asegura Satava⁴⁵. Actualmente es el mejor instrumento para aplicar las nuevas tecnologías en cirugía. La laparoscopia basada en imágenes, es ideal para aplicar la teleconferencia, la telepresencia, la realidad virtual y la robótica⁴⁶ (figura 4).



FIGURA 4. Laboratorio de entrenamiento y experimentación en cirugía laparoscópica avanzada IRCAD - EITS.

Futuro

Existen actualmente problemas por resolver. Las dificultades técnicas se solucionarán con el avance de la investigación y el incremento en el poder de los computadores. Los costos bajarán a medida que las nuevas tecnologías se apliquen más ampliamente^{47, 48}. Queda pendiente determinar cuál es el papel decisivo de toda esta tecnología en los procedimientos y enfermedades específicas¹⁷.

La cirugía actual, no es la clásica cirugía realizada directamente con las manos, ahora el éxito de la cirugía no sólo depende de la habilidad del cirujano. La cirugía se extiende

más allá de lo que el ojo puede ver y la mano puede tocar. Actualmente la tecnología ofrece la posibilidad de realizar procedimientos que anteriormente eran imposibles, incluso si se realizaban a través de cirugía abierta²¹.

Las salas de cirugía se están convirtiendo en quirófanos robotizados⁴⁹, donde se integra el funcionamiento de todos los aparatos (bisturí armónico, insuflador, fuente de luz, columna laparoscópica, mesa de operación), permitiendo al cirujano controlarlos directamente. De esta manera se realizarán más cirugías tipo SOLO⁵, donde los asistentes son remplazados por robots y día a día el personal presente en el quirófano será menor.

Se realizarán cirugías sobre el corazón latiente con la misma exactitud que se hace hoy con el órgano en reposo²¹. El cirujano planeará y realizará la cirugía antes de ejecutarla realmente en el paciente. No existirán los problemas éticos de la utilización de animales para el entrenamiento. Se conocerán por adelantado las repercusiones fisiológicas de los actos quirúrgicos¹².

La forma de entrenar cirujanos está cambiando de manera radical a medida que las nuevas tecnologías sean creadas y validadas las necesidades de entrenamiento y conocimiento serán cada vez mayores. En un futuro muy cercano la navegación asistida por computador y la asistencia robótica estarán disponibles en todos los campos quirúrgicos. Trabajando con imágenes creadas por computador nuevos alcances de la cirugía se descubrirán²¹.

El cirujano debe conocer y evaluar críticamente la tecnología disponible, cambiar su conducta clásica cuando la evidencia demuestre que el beneficio es mayor y aprovechar las nuevas oportunidades buscando siempre el bienestar de sus pacientes¹⁸.

Esperamos no tener razón al afirmar: "parece más difícil convencer a los cirujanos de las ventajas de las nuevas tecnologías y la necesidad de adoptarlas que inventarlas"⁹⁹.

Abstract

Surgeons are experiencing the most important revolution in the science and technology of surgery. The advent of computer technology led to the development of minimally invasive surgery. Virtual reality and intraoperative simulation have substantially modified surgical training. The surgical robot is becoming the surgeon's best friend, permitting the attainment unimagined objectives. The new technologies are changing the basic core of the care of patients.

Referencias

1. DEMARTINES N, MUTTER D, VIX M *et al.*: Assessment of telemedicine in surgical education and patient care. *Ann Surg* 2000; 231: 282-91;
2. GRINSPAN RH, ABED G, GUARDO A: Video cirugía asistida por computadora. *Rev Argent Cir* 1994; 66(3/4): 75-7.
3. SERRANO MYRIAM. La informática y la cibernética en medicina. *Rev Colomb Cirugía* 1996; (11): 266-70.
4. SATAVA RM, JONES SB. Laparoscopic surgery. Transition to the future. *Urolog Clin N Am* 1998; 1: 93-102.
5. BUSS G, SCHURR MO, FISHER SC: Robotics and allied technologies in endoscopic surgery. *Arch Surg* 2000; 135: 229-35.
6. SHURR MO, BUSS G, NEISIUS B *et al.*: Robotics and telemanipulation technologies for endoscopic surgery. *Surg Endosc* 2000; 14: 375-81.
7. GARCÍA RUIZ A: Cibernética en cirugía. *Rev Sanid Mil* 1998; 58(5): 297-305.
8. PÉREZ GARCÍA R, MOSSO VASQUÉZ JL: Cirugía robotizada, telepresencia, realidad virtual. Estado actual y perspectivas. *Cir & Cir* 1997; 65(2): 31-2.
9. MARESCAUX J: Inventons la chirurgie du futur. *Websurg*, editorial 15/06/2001.
10. SERRANO MYRIAM. Tele Medicina *Rev Colomb Cirugía* 1997; (12): 193-8.
11. STITT JA. A system of tele-oncology at the University of Wisconsin Hospital and Clinics and regional oncology affiliate institutions. *West Med J* 1998; 97: 38-42.
12. MARESCAUX J, CLEMENT JM, TASSETTI V, *et al.* Virtual reality applied to hepatic surgery simulation: the next revolution. *Ann Surg* 1998; 228: 627-34
13. WOOTTON R. Telemedicine: a cautious welcome. *Br Med J* 1996; 313: 1375-7.
14. ROSSER JC, WOOD M, PAYNE JH, *et al.* Telementoring. A practical option in surgical training. *Surg Endosc* 1997; 11: 852-5.
15. CHINNOCK C. Holographic 3-D images float in free space. *Laser Focus World*, June 1995, 22-4.
16. NEGROPONTE N: *Being Digital*. New York, Vintage Press, 1996.
17. SCHLAG P, MOESTA KT, RAKOVSKY S, *et al.*: Telemedicine the new most for surgery. *Arch Surg* 1999; 134: 1216-21.
18. SCOTT WW Jr, BLUEMKE DA, MYSKO WK, *et al.*: Interpretation of emergency department radiographs by radiologists and emergency medicine physicians: teleradiology workstation versus radiograph readings. *Radiology* 1995; 195: 223-9.
19. WEINBERG DS: How is telepathology being used to improve patient care? *Clin Chem* 1996; 42: 831-5.
20. CUBANO M, POULOSE BK, TALAMINI RS, *et al.*: Long distance telementoring. *Surg Endosc* 1999; 13: 673-8.
21. SATAVA RM: Emerging technologies for surgery in the 21st century. *Arch Surg* 1999; 134:1197-202.
22. VAN LEEUWEN MS, OBERTOP H, HENNIPMAN AH, FERNÁNDEZ MA: 3-D reconstruction of hepatic neoplasms: a preoperative planning procedure. *Baillieres Clin Gastroenterol* 1995; 9: 121-33.
23. VINING DJ: Virtual Colonoscopy. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 1997; 7: 285-91.
24. JONES K. *Simulations: A handbook for teachers*. NY: Nichols Publishing Co; 1980.
25. CHOPRA V: Does training on an anaesthesia simulator lead to improvement in performance? *Br J Anaesth* 1994; 73:293-297
26. KRUMMEL TM: Surgical Simulation and Virtual Reality: The Coming Revolution. *Ann Surg* 1998; 5: 635-7.
27. ALTOBELLI DE, KIKINIS R, MULLIKEN JB, *et al.*: Computer-assisted three-dimensional planning in craniofacial surgery. *Plastic Reconstruct Surg* 1993; 92: 576-85.
28. BUCKINGHAM RA: 3 robots in operating theatres. *BMJ* 1995; 311: 1479-82.
29. RASOR NS: Endocorporeal surgery using remote manipulators. Herr E, (ed.) *Remotely manned systems for exploration and operation in space*. California Institute of Technology, Pasadena, 483-92.
30. SACKIER JM, WANG Y Robotically assisted laparoscopic surgery: from concept to development. *Surg Endosc* 1994; 8: 63-6.
31. HUNTER IW: A teleoperated microsurgical robot and associated virtual environment for eye surgery. *Presence* 1993; 4: 265-80.
32. VAN-VLIET P: A new challenge robotics in the rehabilitation of the neurologically motor impaired. *Phys Ther* 1991; 71: 39-47.
33. DRAKE JM: Computer and robot assisted resection of thalamic astrocytomas in children. *Neurosurgery* 1991; 29: 27-33.
34. MITTELSTADT B: Development of a surgical robot for cementless total hip replacement. *Robótica* 1993; 11: 553-60.
35. TIMONEY AG: Use of robots in surgery: development of a frame for prostatectomy. *J Endourology* 1991; 5: 165-8.
36. DAVIES BL: Prostatic resection: an example of safe robotic surgery. *Robótica* 1993; 11: 561-6.
37. VALDIVIA URÍA JG: Técnica urológica del futuro. *Rev Argent Urol* 1995; 60(4): 185-93.
38. SATAVA RM: Medical applications of virtual reality. *J Med Syst* 1995; 19: 275-80.
39. MARESCAUX J, SMITH MK, FOLSCHER D, *et al.*: Telerobotic laparoscopic cholecystectomy: initial clinical experience with 25 patients. *Ann Surg* 2001; 234(1): 8-9.
40. SATAVA RM: Virtual reality and telepresence for military medicine. *Ann Acad Med Singapore* 1997; 26: 118-20.