

TECNO - CIRUGIA : 2001

Dr. Adrian Carbajal R.
México D.F., México

La tecnología que empleamos hoy en cirugía endoscópica ha estado bajo nuestra nariz por más de 20 años y está claro que fuimos incapaces de verlo. La causa : ligereza en el análisis. Los médicos en general y los cirujanos en particular buscamos las innovaciones con el afán de ser pioneros en su uso clínico, como método de elevar nuestro status. La mercadotecnia de la tecnología nos ha hecho dependientes y hemos olvidado levantar la cabeza para ver los logros de otros campos y analizar su eventual aplicación en nuestro terreno y hemos perdido así la posibilidad de ser creadores. La naturaleza, las tecnologías paralelas y las convergentes, son fuentes inagotables de ideas y soluciones, pero estamos aislados como consecuencia principal de la superespecialización. En este capítulo están algunos de los hechos, que aún bajo nuestra nariz, no vemos. En **NEUROFISIOLOGIA DE LA IMAGEN** reviso lo que sabemos de lo que queremos imitar: La visión humana. En **ELECTRONICA Y CIRUGIA** bosquejo el proceso de imitación tecnológica de la visión. En **TERCERA DIMENSION** demuestro que la edad de la 3-D es similar a la de la fotografía misma, más de 150 años y como ha sido «desenterrada». El segmento de **REALIDAD VIRTUAL** es de integración; es el punto de unión de : cirugía, endoscopía, electrónica, computación, ciberespacio, tercera dimensión, robótica y telepresencia. Es muy importante. En **ROBOTICA**, reseño su papel de brazo armado y extensión natural de la computación, cibernética y comunicaciones. En **EPILOGO-CIENCIA FICCION** dejo ver entre líneas las posibilidades tecnológicas futuristas de cara al año 2000. Espero que disfruten su lectura y análisis como yo al escribirlo para ustedes.

NEUROFISIOLOGIA DE LA IMAGEN

La energía visible o espectro óptico se ubica en la parte media del espectro electromagnético entre los 350 y los 780 nm de longitud de onda. Al pasar la luz a través de un prisma se fracciona en 7 colores: rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta. De estos, el **ROJO** (550-720 nm), el **VERDE** (475-650 nm) y el **AZUL** (350-650 nm), (R.G.B. = RED, GREEN, BLUE= ROJO, VERDE, AZUL) se consideran primarios pues de su combinación resultan la gama de colores del esquema de cromaticidad. En la visión humana, un sistema de enfoque integrado por la córnea, el humor acuoso, el iris, el cristalino y el humor vítreo proyectan las imágenes en la retina. Los sensores de la retina son los conos y los bastones; terminales fotosensibles, que en base al ciclo bioquímico de las rodopsinas, (compuestos de base proteica (opsinas) más hidrocarburos del tipo B-carotenos (retinol y retinal), derivados de la vitamina A) transforman la energía fotónica en fotoquímica. Cada ojo tiene 6.5 millones de conos y 100 millones de bastones en la retina. La densidad de distribución de los conos es de 40,000 por mm² y disminuyen hacia la periferia hasta 10,000 por mm². Los bastones se distribuyen de 40,000-160,000 x mm² en la periferia de la fovea y disminuyen hasta 30,000 x mm² en la periferia de la retina (ora serrata). En 1982 se demostró experimentalmente que hay 3 tipos de conos (alfa, beta y gama) con capacidad de absorción en las regiones del rojo, verde y azul del espectro óptico, como una función de longitud de onda. Estos hechos proveen las bases fisiológicas de la teoría tricromática de Young-V-Helmholtz, que presuponía la existencia de 3 tipos de conos en base a las leyes de colorimetría de Newton según las cuales, con 3 tonos espectrales (amarillo-rojo, amarillo-verde y violeta) pueden crearse las tonalidades cromáticas reconocibles por el ojo humano. La energía fotónica captada por conos (RGB) y bastones (tonos de grises) es transformada en energía fotoquímica y conducida por 800,000 fibras del nervio óptico. Este numero presupone 1331 interconexiones entre los 106.5 millones de conos y bastones en base a terminales múltiples y neuronas

horizontales. La visión humana con 2 ojos depende de 213 millones de sensores, 1.6 millones de fibras conductoras y 1313 interconexiones por cada sensor; es decir 279.669.000.000 sensores e interconexiones que integran el «chip biológico» diseñado por la naturaleza para captar imágenes. La energía fotónica captada por esta red es conducida por los nervios ópticos a las neuronas de la cisura calcarina en los lóbulos occipitales del cerebro. La hipótesis funcional integradora que permite comprender los patrones básicos de recepción, integración y respuesta del complejo mundo de la sensopercepción, se ha conseguido mediante sofisticados estudios neuronales que demuestran las arborescencias dendríticas y axonales dentro de un patrón lógico (geométricamente dispuesto), y la posibilidad de flujo de información por sistemas de tensores (campos vectoriales) y contratensores e integración de imagen constante, mediante redes neuronales selectivas en tercera y cuarta dimensión, con generación de memoria holográfica. La visión cotidiana depende de fuentes emisoras de energía externa; los sueños, la memoria y la imaginación implican la existencia de una fuente de energía interna de baja densidad. Estas hipótesis enlazan admirablemente con los estudios de Albert Einstein y Erwin Schrodinger sobre energía, relatividad, leyes de la termodinámica y sobre la estructura del tiempo-espacio. Los conocimientos actuales fundamentan que la función de sensopercepción se realiza en 4 dimensiones permanentemente y 6 grados de libertad de campo. Es decir, la creación permanente de hologramas tetradimensionales en la interfase interneuronal del área visual que interactúan con los 100 billones de neuronas del cerebro para crear: imagen, memoria y respuesta multimodal.

ELECTRONICA Y CIRUGIA

La comparación entre la capacidad visual humana para captar imágenes y la que la tecnología hasta 1995 ha alcanzado refleja claramente la evolución de esta última y deja ver entre líneas el futuro.

LA EVOLUCION

En 1983 Michael Sivak informa los primeros resultados de videoendoscopía con un prototipo que reemplaza el haz de fibra óptica coherente por un microprocesador que capta señales análogas y sometidas a un proceso óptico digital son transmitidas a un monitor de TV. Es este el primer producto tecnológico de los trabajos que iniciaron en 1964 con la idea de emplear sensores de estado sólido (Chips C.C.D.= Chargin couplíce device) para captar imágenes de longitud de onda similar a la del espectro óptico de la visión humana; este proyecto demuestra su viabilidad en 1967. Los sensores de estado sólido son una formación en líneas paralelas de diodos fotosensibles de dióxido de silicio altamente purificado, polarizados eléctricamente, con capacidad de captar energía fotónica de 400-1000 nm de longitud de onda, muy similar a la que capta la retina humana (350-780 nm). Cada diodo fotosensible (fotodiodo), corresponde a una unidad pictórica (pixel) y capta las señales eléctricas que en su conjunto representan la imagen en miniatura, que una vez procesada es proyectada por cañones de electrones (tubos de rayos catódicos) a la pantalla de un monitor, para ser observada con una capacidad de resolución que depende fundamentalmente del número de fotodiodos en una superficie dada y su correspondencia en el monitor donde será proyectada. La capacidad de resolución de los primeros modelos de cámaras de chips CCD, no rebasaba 180 pixeles por línea, con 180 líneas de resolución. Por tener la mitad aproximadamente de las líneas de resolución de la TV comercial (NTSC) se les llamó sistemas de «medio chip». Rápidamente se les adicionaron filtros de colores básicos para obtener (RGB) imágenes en color de baja resolución, que fueron la base de las microcámaras de videoendoscopía y cirugía laparoscópica iniciales. A estos éxitos tecnológicos unieron sus nombres de hombres visionarios Michael Sivak en 1983, Philip Mouret en 1987 y Francois Dubois en 1988 con la aplicación clínica en cirugía laparoscópica e inician la revolución que hoy vivimos. La idea progresa y en 1990 ya se había conseguido en 1 cm² un chip CCD de 440 líneas con 520 pixeles por línea y capacidad

de resolución de 280,000 píxeles en RGB. El siguiente paso asocia 3 chips CCD en línea especializados (Chip R, Chip G, Chip B) uno para cada color básico, con resolución de 840,000 -1,440,000 píxeles que rebasan la capacidad de los monitores del momento y nacen los de alta definición (HDTV). Es éste el status en 1995 en cámaras de cirugía endoscópica; con sus variantes a 1.2 mms (PIXIE), 3.0, 5.0 mms. con telescopios rígidos o flexibles, con chips colocados proximal o distalmente, lo que implica el reemplazo de los telescopios ópticos.

TERCERA DIMENSION

En 1839 el francés Jackes Daguerre da a conocer su «daguerrotipo»; placa de cobre cubierta de plata sensibilizada con vapores de yodo colocada en una caja hermética, que al ser expuesta a la luz captaba las imágenes; se revelaba con vapor de mercurio y se fijaba con hiposulfito sódico para obtener una fotografía permanente. El mismo año el inglés Sir Charles Whatstone crea la primera cámara estereoscópica con una cámara doble o tomando dobles fotografías, que al ser observados con «visores victorianos» (especie de máscara tubular con un aditamento que separaba la visión para ver independientes fotos iguales colocadas a unos 20 cms de la línea interocular) creaba la sensación de tercera dimensión (3-D) y es el primer «video-juego» del mundo. Otro inglés William Friese-Green crea en 1888 el cine en 3-D, al proyectar 2 películas simultáneas y ser observadas con una «caja de espejos» (forma de binoculares integrados en una caja de cartón que con sistema de pequeños espejos separaba la visión, una para cada película proyectada) Remanentes de esta tecnología son los «view-masters». En 1922 el teatro Selwin de Nueva York instaló en sus butacas un sistema de 3-D llamado «método eclipse» que usaba un sólo proyector; en la cinta estaba grabada un cuadro para cada ojo (izquierdo y derecho); el dispositivo en la butaca alternaba la visión para cada ojo con un obturador sincronizado. En los años 20 se creó el sistema más empleado hasta la fecha para lograr 3-d; «el método anaglífico». La imagen izquierda y derecha son proyectadas simultáneamente y sobreimpuestas en la pan-

talla. El observador se pone lentes con un filtro rojo frente a un ojo y azul-verde frente al opuesto. El color rojo se ve como primer plano y el azul-verde en segundo y se crea 3-D en color. El método de «sobre y debajo» tiene el mismo principio; en el mismo cuadro se pinta una cara de rojo y la posterior de azul-verde. La Vectografía emplea el proceso polaroid para producir 3-D al utilizar sales de plata de varias densidades para cubrir la película. Al ser observada la película con lentes polaroid la imagen se expresa en grados de polarización, creando planos de profundidad y 3-D. El sistema electrónico de cirugía 3-D consiste en una cámara doble y dos chips en el telescopio, procesador doble, un multiplexor o conmutador y un monitor con doble ciclaje, (120 en lugar de 60 ciclos por segundo, para recibir imagen izquierda y derecha a 60 ciclos por segundo). Un estimulador electrónico de rayos infrarrojos activa unos lentes de cristal líquido negros con baterías y logra que un cristal esté negro y otro transparente alternadamente («efecto eclipse») y logra 3-D. El método se llama «crystal eyes» o sistema activo. El método alternativo es colocar sobre el monitor una pantalla de cristal líquido que activada electrónicamente hace el efecto eclipse. El espectador sólo necesita lentes polarizados para interpretar 3-D. En 1981-83 Michael McGreevy y James Humphries de NASA trabajan en el proyecto VIVID (Virtual visual environment display) y desarrollan un dispositivo en base a un visor de buceo, al que le adaptan frente a los ojos 2 monitores de cristal líquido (5 cms cada uno) de Radio Shack («watchman») y un sensor de posición Polhemus empleado desde 1929 por Link Corporation y más adelante por Vickers, Sutherland y Furness en el desarrollo de simuladores de vuelo para usos militares. Estos dispositivos han conseguido un avance extraordinario y rápidamente se están incorporando al mundo de la cirugía como sistemas de 3-D con efecto de inmersión total y sistema de navegación para crear otro futurista polo de desarrollo. Esperamos resultados para 1996.

REALIDAD VIRTUAL

En 1995 la simulación quirúrgica a través de cibernética es una realidad. Investigadores de varios países trabajan para conseguirlo. Este es uno sólo de los campos en desarrollo; las posibilidades son infinitas. Los resultados iniciales son fascinantes, la posibilidad de navegar dentro del cuerpo es una realidad virtual. Lo más impresionante es que la interacción real está muy cerca. El grado de excitación por esta tecnología es muy grande. La realidad virtual asocia: sistemas de multimedia, super y ultracomputadoras, 3-D con cascos de monitores integrados, robótica, microrobótica, microcomponentes y en nuestro terreno los sistemas de cirugía endoscópica. Regreso el calendario unos años para explicar estas afirmaciones. Desde siempre el ser humano ha creado mundos virtuales. El teatro, el cine, los libros, el teléfono, la televisión son algunos de los ejemplos de este afán de simulación. Herbert Marshall McLuhan (1911-1980) comunicador revolucionario canadiense, plantea las bases de la revolución informática del último tercio de este siglo en sus libros: la Galaxia Gutemberg (1961), los medios de comunicación : las extensiones del hombre (1964), el medio es el mensaje (1967) y guerra y paz en la aldea global (1968). La concientización del papel de los medios de comunicación en el desarrollo de la humanidad es clave en la comprensión de los logros tecnológicos actuales y futuros. Una computadora es un medio de comunicación visual, que ha progresado a tener 5 medios. En 1940 se crea la primera computadora, en los años 50 se programaban con tarjetas perforadas. En los años 70 los microprocesadores (chips) provocan la primera gran revolución informática. Nacen la mini y computadores personales y muy especialmente posibilitan la creación de interfases gráficas, base de la siguiente revolución. La segunda revolución está imbricada con la tercera y depende de los sistemas de almacenamiento de datos en discos compactos y video digital. En los años 80 se incorporan al sistema visual, interfases gráficas de sonido y movimiento, para hacer de la computadora un sistema de comunicación de múltiples medios o multimedia. En los

años 90 se adicionan interfases de olfato y gusto. En 1983 Jaron Lanier (USA) desarrolla el guante sensor (Data Glove), la primera interfase de movimiento para interacción con computadoras. Se emplea en la NASA en 1986 en el proyecto VIVED para simulación aero-espacial e interacción con buenos resultados. Nace así la computación interactiva con multimedia, inmersión total y navegación o realidad virtual y se abre la caja de Pandora de la revolución cibernética de los años 90. William Gibson publica en 1984 un libro de ciencia-ficción: El Neuromante; donde ubica a la humanidad de la siguiente centuria compartiendo su vida en el ciberespacio. La realidad se adelanta a la ciencia ficción, ya «existen» cerca de 25,000,000 en la interfase. La Realidad Virtual incursiona en todo. Algunos ejemplos son: la arquitectura, el turismo, el entretenimiento, la investigación, la enseñanza y muy especialmente el mundo de la medicina. Los proyectos de investigación están avanzados en rehabilitación y psiquiatría; enseñanza y simulación quirúrgica, en etapas iniciales; hacerlo accesible es cuestión de tiempo. Derivados de esta tecnología tanto o más importantes son: la red informática médica, el sistema interactivo de interconsulta y el correo electrónico.

ROBOTICA

En el proceso tecnológico de la última década los robots son un paso lógico. Aunque los instrumentos robóticos con diferentes grados de automatización existen desde el siglo pasado, es la tecnología de los últimos años la que permite desarrollar robots «inteligentes» con grados variables de autonomía. Los robots son la extensión natural de la cibernética y representan el instrumento operativo de la realidad virtual y la telepresencia. El primer modelo aplicable en cirugía es del Dr. R. Taylor, T.J. Taylor y H.A Paul, creado en 1991, hoy en proceso de evaluación clínica de sus resultados y que realiza mediante información de tomografía computada y resonancia magnética el canal en el fémur donde se implanta una prótesis para substituir la articulación de la cadera con extraordinaria precisión, para evitar el uso de «cementos» y la incidencia de fracturas y reintervenciones.

Está en proceso de creación otro modelo que realiza la adaptación del hueso ilíaco para recibir la base del acetábulo, en la Universidad de Carnegie-Mellon en Pittsburgh, PA. El Dr. Stephen Jacobsen desarrolló una mano robótica con destreza y sensibilidad al tacto en la mano del operador y es la base de otros modelos como el «exoesqueleton»; brazo robótico para manipulación a control remoto o telepresencia. El Dr. Rodney Brooks y Anita Flynn del Instituto Tecnológico de Massachusetts son pioneros en microrrobótica. Algunos de sus resultados son «Genghis Khan» y «Atila»; la primera generación de robots con inteligencia artificial y autonomía por microchips de visión y tacto, miden 15-30 cms. «Squirt» mide 5 cms. y tiene movilidad, visión y autonomía. Los insectos robóticos de 3 cms. son la aproximación actual para un futuro empleo en endoscopía. El rápido desarrollo del campo de los microcomponentes, microsensores y micromotores son la clave de este interesante panorama. Yulun Wang de Goleta CA (USA) desarrolló un brazo robótico para conducir por control remoto la cámara de cirugía endoscópica (AESOP=Automated Endoscopic System for Optimal Position) su empleo clínico se inició el 26 de agosto de 1993 en un hospital de la Universidad de California en San Diego. En una segunda fase se le adicionó una interfase de voz y posteriormente una de visión. Médicos e ingenieros de la Universidad de Carnegie-Mellon en Pittsburgh PA desarrollaron un robot activado por voz para cirugía endoscópica. Inicialmente el diseño fue hecho para colonoscopia pero evoluciona rápido a cirugía abdominal y torácica.

EPILOGO - CIENCIA FICCION

La visión panorámica de la tecnología disponible y lo que está en proceso, más el análisis del último siglo, permite algunas especulaciones realistas. El Dr. Philip Green de Stanford CA (USA) diseñó en 1991 un sistema de cirugía de telepresencia que le permite cortar uvas en secciones de 1 mm y tocar 25 veces consecutivas la cabeza de un alfiler⁰, además de otros procedimientos. El Dr. Licino Angelini de la Escuela de Medicina La Sapienza de la Universidad de Roma, realiza desde 1992 experimentos de cirugía de

telepresencia por cable y vía satélite entre Milán y Roma, Milán y Vimercata (Italia) y entre Pasadena (USA) y Milán. Probó su factibilidad en Julio 1993 al realizar de Pasadena a Milán la punción y aspiración guiada por ultrasonido de un quiste hepático con un robot Master/Slave de IBM-SCARA, que obedeció comandos enviados a través de 2 satélites enlazados. En mi opinión, los polos de desarrollo de los siguientes 6 años son: Ingeniería genética (Cirugía Celular), radio-cirugía en cáncer, cirugía en resonancia magnética abierta, cirugía de telepresencia, que ya demostró su factibilidad (43,45). La realidad virtual en su fantástica capacidad informática nos sorprenderá además con interfases (microchips), que pueden llegar a superar incapacidad visual, auditiva y lesión medular; además de la red informática médica que actualmente crece a un ritmo que posibilitará la interconsulta interactiva internacional. El desarrollo de los microcomponentes puede sorprendernos con microrobots que puedan incursionar dentro de nuestro cuerpo. ¿Se acuerda usted de la película «Viaje Fantástico»? Es posible que seamos los cirujanos de esta generación los viajeros. Bienvenidos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Pratt W.K.: Digital image processing. Second Ed. Miley Interscience, 1991. Pages 21-50.
- 2.- Brown P.K., Wald G.: Visual pigments in singel rods and cones of the human retina. Science, 144, 3614, April 3, 1964. pages 45-52.
- 3.- Wald G.: The receptors for human color vision. Science, 145, 3636, Sept 4, 1964. Pages 1007-1017.
- 4.- Axenfeld Th., Paul H.: Tratado y atlas de oftalmología. 11a. Ed. 1976 Ed. Paz Montalvo. Pags 78-79.
- 5.- Tippens P.E.: Física básica. Ed. MacGraw-Hill, 1991. Pags. 521-539.
- 6.- Piel J.: Mind and Brain. Scientific American. Sept. 1992. Pages 24-117.
- 7.- Enciclopedia hispánica. (Britanica). 1991 Tomo 5, pags. 80-81.
- 8.- Krauze E., Zerón F.: La Guerra (1854-67) PORFIRIO, 1993 Pags. 40-41.
- 9.- De la Torre A.: Breve historia de la endoscopía: Crónica de una hazaña. Rev. Gastroenterol Mex. Vol 52 (3), 1987. Pags 179-186.
- 10.-Dubois F., Bertherlot G., Leverd H.: Cholecystectomie par celioscopie. Press Med. 1989.18:980-982.

- 11.-Illinois Retina Associates S.C.: New dimensions in retina. Course syllabus. Steroscopic imaging technology. Chicago Ill. Nov. 11-13, 1993. Pages XIII-XXIII.
- 12.-Hecht J.: Understanding fiber optics. SAMS, 1992. Pages 1-150.
- 13.-Blair B.K., Whitaker J.: Television and audio handbook. McGraw-Hill, 1990. Pages 3.1-3.47.
- 14.-Sala V.P.: Television a colores. CECSA, 1988. Pag. 1-90.
- 15.-Pando O.L.: Modelos matemáticos de las funciones cerebrales superiores. InforSyntex. Vol 20, No 120, marzo-abril 1994, pags 4-6.
- 16.-Pando O.L.: Modelos matemáticos de funciones cerebrales superiores. InforSyntex. Vol. 20, No. 121, mayo-junio 1994. Pag. 6.
- 17.-Segev I.: Single neurone models: Oversimple, complex and reduced. TINS vol 15 No. 11,1992. Pages 414-421.
- 18.-Braddick O.: Segmentation versus integration in visual integration in visual motion processing. TINS Vol 16 No. 7, 1993. Pages 263-268.
- 19.-Schrodinger E.: Space-time structure. Cambridge University Press. 1985.
- 20.-Moshinsky M.: Espacio, tiempo y paridad. Universidad Nacional Autonoma de México, 1987.
- 21.-Popp F.A., Becker H., Kining H., Peshka W.: Electromagnetic bioinformation. Proceedings of the symposium, Marburg. Sept. 5 1977. Urban and Schwarzenberg, 1979.
- 22.-Allyn E.: Stereo display background. Correspondencia privada del autor. Julio 12, 1994.
- 23.-Farrell E., Wood R.: 3-D camera preview. Correspondencia privada del autor. Oct. 25, 1993.
- 24.-Scoping out video. Medical imaging mazazine. January 1994 Pages 52-58.
- 25.-Wood R., Cochran W.: Stereodendoscopy gives surgeons normal vision. Photonic Spectra. Sep 1993.
- 26.-Cogan G.D.: Retina: Anatomy, physiology, and developmental abnormalities. Neurology of the visual system. Thomas, 1976 pages 1-30.
- 27.-Cogan G.D.: Optic nerve: Anatomy. Neurology of the visual system. THOMAS, 1976. pages 123-132.
- 28.-Hogan J.M., Alvarado A.J., Wedell E.J.: Retina. Histology of the human eye. W.B. Saunders 1971. Pages 393-519.
- 29.-Hogan J.M., Alvarado A.J., Wedell E.J.: Optic nerve. Histology of the human eye. W.B. Saunders 1971. Pages 523-606.

- 30.-Pimentel K., Teixeira K.: Virtual reality. INTEL, Windcrest, and McGraw-hill, 1993.
- 31.-Stampe D., Roehl B., Eagan J.: Virtual reality. Creations. The Waite Group. 1993.
- 32.-Menn D.: Multimedia world. AN IDG PUBLICATION. Vol 1, No. 9. August 1994.
- 33.-Donnet B.: El fin del hombre tipográfico M.D. Vol 9 (6), junio 1994. Pags 69-78.
- 34.-Gambelin A.M.: IRIS Universe. Summer Fall. No. 25, 1993.
- 35.-Hoffmann M.H.: Virtual reality and the medical curriculum. Integrating extant and emerging technologies. Correspondencia privada del autor. Agosto 1994.
- 36.-Hoffmann M.H. : Medical education in the 90's: Developing network-compatible instructional resources for UCSD's core curriculum. Proceeding of the first medicine meets virtual reality conference. June 1992, Plastic Surgery Research Foundation, OCME, UCSD.
- 37.-Hoffmann H.M., Irwin A.E., Bloor C.M., Miyai K., Savoia M.C.: UCSD's MedPics: Implementation and impact on the curriculum. Proceeding of the seventeenth annual symposium on computer applications in medical care. 1993.
- 38.-Satava R.M.: Virtual reality surgical simulation. The first steps. Surgical endoscopy. 1993, 7(3): 203-205.
- 39.-Hoffmann H.M., Irwin E.A.: Incorporating advanced technology into the medical curriculum: Implications for students and organizational resources. 18o. symposium on computer applications in medical care. Nov, 1994.
- 40.-Sackier M.J. : Future horizons of minimally access surgery. Problems in general surgery. 8(3):507-510 July-Sept 1991.
- 41.-Bronson R.: Computer simulation. What it is and how it's done. BYTE, march 1984. Pages 95-102.
- 42.-Noar M.D.: Endoscopy simulation: A new brave world?. Endoscopy, 1991 (23): 147-149.
- 43.-Satava R.M.: High tech surgery: Speculations on future directions. Minimally Invasive Surgery. Sackier J; Hunter J. McGraw-Hill 1993. Pages 339-347.
- 44.-Sackier J.: New technology and future dimensions in endoscopic surgery. Surgical endoscopy Vol 8 (5), 1994, 535.
- 45.-Licini A., Lirici M.M., Rovetta A.: Telerobotics and minimal invasive surgery: Feasibility and present limits. Surgical endoscopy. Vol 8 (5) 1994, 535.

- 46.-Sackier J.: The next wave in minimally invasive surgery: Robotics. General Surgery-Laparoscopic news. April 1994.
- 47.-Chirurgia international.: Robotics move into the operating room. «Nintendo Surgery?» 1-2. 1994 Pages 1-6.
- 48.-O.R. Manager : Robotic assistant for laparoscopic surgery. Vol 10 (1), January 1994. Pages 1-3.
- 49.-Perry A.: The doctor is in. Los Angeles Times. August 27, 1993.
- 50.-Saunders H.D.: Informática: Presente y futuro. McGraw-Hill 1994.
- 51.-Larijini C.L.: Realidad virtual. McGraw-Hill, 1994.