

El Futuro es Hoy

Académico Alfonso Latiff Conde

En ninguna otra época de la historia como en la nuestra se ha producido una transición tan rápida hacia el futuro, en el campo de la medicina. Lo que había sido una centuria de evolución desde la era Industrial a la era de la Informática, en la pasada década se ha convertido en una revolución.

La cirugía laparoscópica que ha constituido el despertar a la edad de la informática como la tecnología líder es considerada ahora un standard en la práctica médica. En la actualidad tecnologías más avanzadas prometen mayores progresos en la medicina.

La mayor revolución médica ocurrió en la cirugía en las postrimerías del siglo diecinueve cuando algunos gigantes de la medicina todavía caminaban sobre la tierra. Estos visionarios comprendieron la magnitud del cambio y dieron nacimiento a la nueva disciplina de la cirugía. Entre ellos estaban Bilioth, Lister, Virchow y Morton.

Nunca trabajaron juntos, pero la integración espontánea de sus investigaciones y sus habilidades clínicas hicieron posible la nueva cirugía. Fue la convergencia de sus visiones y sus tecnologías las que dieron un vuelco a la cirugía. Bilioth aportó nuevas técnicas y nuevos instrumentos Lister aportó la asepsia, Virchow la patología y Morton la anestesia.

Los antiguos mitos y muchos hechos empíricos hicieron creer por miles de años en la inviolabilidad del cuerpo humano. Las herramientas científicas de la Era Industrial convirtieron en realidad lo imposible y la ciencia dio nacimiento a la moderna cirugía. En un corto periodo de tiempo se establecieron los fundamentos de una cirugía que permitiría a las siguientes generaciones liderar nuevos avances y tecnologías.

Nada estremeció más los fundamentos de la medicina como esta explosión de la cirugía. Comprender el shock, la cirugía cardíaca y coronaria, los trasplantes, tuvieron un enorme impacto que conmocionó la medicina. Es obvio que los cambios producidos en la cirugía tenían origen en los descubrimientos de la Era Industrial.

Así como la Era Industrial se desvanece también lo hace la edad dorada de la cirugía. La Era Industrial se ve ahora reemplazada por la Era de la informática y la cirugía convencional se ve reemplazada por nuevos procedimientos mínimamente invasivos o no invasivos.

Estamos ahora en la mitad de una transición y no es claro todavía como parecerá la nueva generación de la medicina y la cirugía pero la tendencia es de procedimientos altamente inteligentes, miniaturizados que han progresado de la cirugía mínimamente invasiva a la cirugía no invasiva y cuyo desarrollo depende del progreso de la informática.

La cirugía convencional no va a desaparecer del todo y algunos procedimientos se refugiarán en un nicho, pero los procedimientos no invasivos van a predominar.

La cirugía laparoscópica o mínimamente invasiva no es el punto final, sino más bien una fase de transición entre la cirugía abierta y las formas emergentes de procedimientos no invasivos guiados por imágenes. La cirugía laparoscópica fue el evento semilla que disparó el despertar de la Era de la Informática.

Para que ocurra una revolución todas las facetas de una disciplina deben ser contempladas, no simplemente una sola especialidad como la cirugía. Una revolución debe también reflejar los mismos cambios que se presentan en otras áreas científicas y en la sociedad como un todo. Debe ser consistente con las predicciones globales que han sido enunciadas tales como "la tercera ola de Alvin Toffler ó los "Megacambios" de John Naisbitt. Y más importante aún con el "Ser Digital" de Nicolas Negroponte.

Los dos primeros autores nos dieron una mirada al poder y la magnitud de esta revolución, pero fue el concepto de Negroponte "de bits en lugar de átomos" lo que completó el cambio. Negroponte hizo énfasis en que anteriormente se requería el uso de objetos físicos (átomos), mientras que las nuevas tecnologías usaban la informática (bits) para realizar la misma

tarea. El ejemplo clásico es que hasta ahora los documentos, cartas, eran enviadas en su contexto físico de un sitio a otro del mundo, mientras que en la era de la informática se envió por el fax (bits) en una forma mucho más rápida y a un menor costo.

La magnitud de la importancia de la Edad de la Informática para la medicina fue revelada durante un taller de la Fundación para la Ciencia sobre las Aplicaciones Médicas de la Realidad virtual, donde se hizo la siguiente pregunta: Que tanto de lo que un médico hace diariamente es manejo de la informática? La respuesta es: entre un 80% y un 90%. Por ejemplo durante la cirugía laparoscópica el cirujano no vé los órganos en sí mismos sino su imagen en el monitor, imagen electrónica o "equivalente de informática". Cuando se termina la cirugía y el paciente es visitado en la sala de recuperación el cirujano mira el monitor fisiológico para observar el pulso, la tensión arterial y otros signos que reemplazan el sentido del tacto. La visita y los hallazgos son registrados en un record médico, computadorizado en lugar de escritos en papel. Las radiografías, las escanografías, y otras imágenes han venido a ser digitales, en lugar de películas ó láminas microscópicas. Los experimentos de laboratorio en telecirugía han convertido el movimiento de nuestras manos en señales electrónicas así que cuando la mano del cirujano se mueve la señal electrónica es enviada al extremo del instrumento y el bisturí electrónico realiza la incisión. Al hacer este salto mental de interactuar con la informática como un sustituto de los objetos reales el médico alcanza la capacidad de hacer cosas imposibles en el mundo físico. Por ejemplo, al usar el Doppler ultrasónico para exponer las imágenes de color en un monitor de video le hemos dado a los médicos la soñada capacidad de "mirar dentro del cuerpo" que en este caso es la visión ultrasónica del verdadero flujo arterial.

El siguiente escenario basado en las tecnologías actualmente en investigación en el laboratorio se utiliza para ilustrar como puede ser el futuro 20, 50 ó 100 años más adelante. Un paciente entra a la oficina de un médico. Ingresa a traves de una entrada especial que contiene varios dispositivos de exámen: escanografía, resonancia magnética, ultrasonografía, rayos infrarojos, y otros más. Estos dispositivos registran información anatómica, fisiológica, bioquímica como los oxímetros de pulso. Cuando el paciente se sienta al lado del médico, una imagen en tres dimensiones aparece en la pantalla del computador. Hay una integración visual de toda la información adquirida unos minutos antes por los dispositivos de examen. Cuando el paciente expresa una queja de dolor sobre el cuadrante superior derecho el médico puede rotar la

imagen escanográfica, remover varias capas y solicitar la representación del hígado o del riñon derecho del paciente, preguntar por el LDH, transaminasas, fosfatasa alcalina, creatinina sérica, y cualquier otra información relevante.

Tan pronto un problema ó una enfermedad es detectada la imagen puede ser utilizada para educación del paciente, explicándole instantáneamente cual es el problema. Si se encuentra un problema quirúrgico esta misma imagen puede ser usada por el cirujano para una planeación preoperatoria o colocarla en un simulador quirúrgico y practicar una variedad de diferentes abordajes quirúrgicos para un procedimiento que se realizará más tarde. En el momento de la operación la imagen puede ser fusionada con una imagen de video y ser usada para una especie de navegación intraoperatoria y mejorar la precisión del procedimiento. Durante las visitas postoperatorias una escanografía de seguimiento puede ser comparada con la escanografía preoperatoria y usando la visión de la información y técnicas de susstracción digital, las diferencias pueden ser procesadas automáticamente para su evaluación y análisis.

La habilidad para crear un diseño que simplifique el trabajo es una de las cualidades únicas de la especie humana. A traves de los años la humanidad ha producido innumerables herramientas para multitud de tareas. En la era industrial se desarrollaron complejos diseños para aumentar la productividad y facilitar el trabajo. Y así nacieron los robots: un diseño automatizado y reprogramable.

El término robot se deriva de la palabra checa "robota" que significa "trabajador". En 1921 el autor checo Karel Kapek escribió una pieza de teatro que se llamó Rossums Universal Robota en la cual el protagonista hace el papel de Dios, quien crea unos seres mecánicos (robota) para servir a la humanidad. Estos robots se perfeccionan y se rebelan más tarde convirtiendo a los humanos en sus servidores. Iniciando así el concepto erroneo reproducido en novelas y películas según el cual los robots son villanos impredecibles.

Los robots son esencialmente sistemas mecánicos controlados por microprocesadores y equipados con sensores y motores. Han sido utilizados en la manufactura industrial, en la exploración submarina y espacial.

Desde 1980 se desarrolló el concepto de su mejor precisión que los humanos en la neurocirugía y la cirugía ortopédica. Han sido neuronavegadores, localizadores estereo ataxicos y ayudantes quirúrgicos. En cirugía ortopédica pueden cortar o excavar hueso con mayor precisión que el humano.

Cambio de paradigmas

Ahora es el momento para que todos estos elementos separados, la cirugía laparoscópica, la telepresencia, la realidad virtual, la imagen digital y el trabajo en red, se unan y el punto focal común sea la pantalla del monitor. Este monitor es el portal al mundo entero de la informática, esta interfase electrónica ofrecerá un poder mas allá de la imaginación. No solo trae información sino que también puede enviar órdenes para la acción en un mundo real, teleoperación ó manipulación remota que le permite a una persona trabajar a distancia. Como un ejemplo un cirujano puede estar en un monitor en una operación real, practicar una operación en otra ciudad, colaborando con otro cirujano. Eventualmente será posible operar en sitios muy distantes hasta en una estación espacial. Esto ya ocurrió. Un paciente en Europa fue operado desde los Estados Unidos. Será posible fusionar tiempo y espacio. El médico puede estar en otro sitio distante como otra persona sin necesidad de desplazarse, pueden transmitirse imágenes digitales tales como la escanografía ó la resonancia y fusionarlas en un video de tiempo real suministrando al cirujano una visión de rayos X.

Aplicaciones quirúrgicas

En la era de la cirugía a control remoto Phillip Green ha inventado el sistema Green Telepresence Surgery System. Este sistema restaura para el cirujano aquellas habilidades naturales e intuitivas, que se han perdido en la cirugía laparoscópica: tercera dimensión, manipulación diestra y precisa de los instrumentos quirúrgicos, el sentido del tacto y de resistencia de los tejidos por un mecanismo de retroalimentación sensorial, mientras el sitio remoto tiene una cámara con sistema de tres dimensiones, manipuladores diestros y con un imput sensorial. Esto es telepresencia mas que realidad virtual, las habilidades del cirujano están aumentadas y la cirugía puede ser realizada con mayor destreza y precisión. El sistema tendrá una ingeniería tal que el cirujano sentirá que la cirugía se esta haciendo enfrente de él cuando en realidad el quirófano esté a millas o a cientos de millas. Toda vez que el sistema ha sido diseñado para imitar la cirugía abierta no habrá un entrenamiento especial lo cual permite una cirugía con la sensibilidad, la destreza y la visión de la cirugía abierta.

Otro sistema de cirugía por telepresencia ha sido creado por Hunter cuyo propósito es el de extender las capacidades del procedimiento humano. En cirugía de retina el sistema de escalas de telepresencia modifica el movimiento de la mano en proporciones de cien veces así que un movimiento de 1mm de la mano se

convierte en un movimiento de 10 micrones del bisturí de laser. Y la visión magnifica el tamaño de los vasos de la retina al tamaño de un dedo. Al aplicar sofisticadas técnicas de filtración el temblor normal de la mano del operador desaparece y permite así una estabilidad y precisión 10 a 20 veces mas exacta que la mano humana.

Visualización en 3 dimensiones

Los aspectos cognitivos de la cirugía son aumentados por la visualización de imágenes en tres dimensiones. Al hacer una escanografía ó una resonancia magnética y generar imágenes en tres dimensiones de la anatomía específica del paciente, el cirujano está en capacidad de practicar un gran número de destrezas quirúrgicas esenciales en el "equivalente del paciente" antes de realizar la operación. Hoy el diagnóstico se hace mirando imágenes planas en dos dimensiones ó realizando un procedimiento endoscópico. La planeación preoperatoria se hace a base de diagramas, si la operación es fuera de lo común la única oportunidad de ensayarla es en modelos animales. Durante el procedimiento hay pocas ayudas de orientación, de navegación. Con la representación en tres dimensiones del paciente todas esas ayudas están disponibles.

En el área del diagnóstico la imagen tridimensional se puede usar para la endoscopia virtual. La anatomía virtual permite ver alrededor de flexuras ó de pliegues anatómicos. Si se encuentra un tumor se puede penetrar literalmente en el interior de la masa para observar el grado de infiltración y posiblemente en el futuro buscar metástasis ganglionares. Recientes algoritmos de procesamiento de señales digitales muestran como las intensidades (unidades Hounsfield) pueden establecer las características de los tejidos.

Antes de realizar un procedimiento quirúrgico el cirujano podrá planear una operación con la misma imagen utilizada para el diagnóstico. El Dr. Joseph Rosen del Dartmouth University Medical Center tiene el modelo en realidad virtual de una cara con piel deformable que permite la práctica de un procedimiento de cirugía plástica y la demostración del resultado final antes de hacer siquiera la incisión.

Altobelli del Brigham and Women's Hospital ha desarrollado un sistema que crea imágenes en tres dimensiones con punto de partida en la tomografía de un niño con deformidades oseas de la cara, la disostosis craneofacial. Usando este modelo en tres dimensiones los huesos pueden ser realineados para armonizar con el lado normal de la cara. Ferenz Jolenz del Brigham and Women Hospital ha obtenido la

imagen tridimensional de un tumor del cerebro con la resonancia magnética. Al momento de la cirugía la imagen de la resonancia magnética es fusionada con las imágenes de video del cerebro del paciente, logrando así una visión de rayos X del tumor que no es posible ver de otra manera porque está localizado profundamente en el cerebro. Estos son ejemplos de las múltiples aplicaciones de la realidad virtual en la medicina y en la cirugía.

En el área de la educación médica y del adiestramiento la realidad virtual puede ser muy útil. Hay dos áreas en las cuales se originó la realidad virtual: la simulación del vuelo en aeronáutica y la visualización de la informática. Ambos componentes contribuyen en la educación médica. El primero puede ofrecer entrenamiento en procedimientos médicos y quirúrgicos. El segundo ayudará a los estudiantes de medicina a comprender importantes principios fisiológicos ó anatomía básica a través de la visualización en tres dimensiones. Una demostración puede darle un "tour" por la anatomía y luego la modalidad de exploración permitiría al estudiante ver los órganos y los tejidos. El método permitiría no solo el reforzamiento de la información sino que promueve la iniciativa en la enseñanza a través de la emoción del descubrimiento. Al observar la representación de un shock ó al navegar a través de un árbol arterial el estudiante puede tener una perspectiva de la medicina mucho más allá de leer un libro o aún de la disección de un cadáver.

En un simulador de realidad virtual de multimedia del tracto gastrointestinal un estudiante puede "navegar" descendiendo hasta el estómago, ver una úlcera, tomar una biopsia, lo cual le daría la imagen micrográfica de la histología y a través de un video estudiar la técnica quirúrgica de un Bilioth como tratamiento, ó aún demostrar el proceso de curación en respuesta a un tratamiento médico. El mundo virtual puede satisfacer las necesidades del adiestramiento en los procedimientos quirúrgicos. Durante décadas los pilotos se han entrenado en simuladores de vuelo y han llegado a ser tan realistas que miles de despegues y aterrizajes perfectos se realizan antes del primer vuelo real. Así el cirujano del futuro podrá adquirir destrezas quirúrgicas antes de operar el primer paciente. En 1927 una multitud esperaba el arribo de Lindberg en Le Bourget al norte de Paris. Fue un gran día de la aviación mundial. En Abril de 2001 un grupo de técnicos esperaba en Australia un avión, el Global Hawk después de 23 horas de vuelo por el oceano Pacífico. Solo que esta vez el avión no tenía piloto. Varios simuladores quirúrgicos de realidad virtual han aparecido en respuesta a la necesidad de entrenar cirujanos en cirugía laparoscópica. Consiste en un

abdomen en el cual los instrumentos laparoscópicos están montados suministrando la sensación de resistencia por un mecanismo de retroalimentación, los órganos se aprecian gráficamente en el monitor y el cirujano aprendiz puede realizar la cirugía. Este mismo abdomen puede ser explorado por un estudiante con el mismo equipo virtual. Es de esperar que los simuladores quirúrgicos progresen tan rápido como los computadores. El futuro ofrece la promesa de un cadáver virtual indistinguible de una persona real.

No puedo menos que experimentar ansiedad al contemplar esta visión del futuro en la cual pueda desaparecer el ejercicio intelectual y la capacidad de juicio del viejo clínico de toda la vida.

Al tiempo que navegamos en la cresta de esta ola de entusiasmo es esencial no olvidar las raíces de nuestra profesión. Antes que todo debemos ser humanistas en el sentido total de la palabra, atendiendo al cuidado total del paciente en su aspecto humano, físico y emocional. Se requiere que el intelecto humano y la compasión siembren la ética y la moral dentro de la tecnología para así engrandecer el arte de la cirugía del futuro.

El momento no puede ser más perfecto ya que disponemos en la actualidad del médico correcto para aprovechar esta tecnología. La nueva generación médica que ha crecido en medio de la era electrónica y del video es la ideal para los nuevos tiempos. Para ellos el futuro es hoy y es todo digital.

Bibliografía

1. Cadeddu. J.A. et al: Robotics in urologic surgery Urology. 49 – 501. 1997
2. Cornum. RI Telepresence: A 21 st. century interface for urologic surgery. J. Urol. 155 – 489. 1996
3. Hoffman H. Developing network compatible instructional resources for UCSD core curriculum. Proceedings: Medicine meets virtual reality. San Diego, Ca June 1 – 2. 1992
4. Jolesz. F. The operating room of the future. Proc. Natl Cancer Inst Workshop 27 – 326 – 328. 1992
5. Kavoussi LR. Comparison of robotic versus human laparoscopic camera control. J. Urol. 154: 2134. 1995
6. Naisbit. J. Megatrends Asia. New York Vintage Press. 1999
7. Negroponte N. Being Digital New York. Vintage Press. 1996
8. Noari MD. Endoscopic simulation A brave new world. Endoscopy: 23 – 239. 1991
9. Satava RM. Teleoperation, telerobotics, and telepresence in surgery End Surg. 1 – 151. 1993
10. Satava RM. Surgery 2001. A technologic frame work for the future Surg Endosc. 7 – 111 – 113. 1993
11. Satava RM. Virtual reality surgical simulator The first steps. Surg Endosc. 7 – 203 – 205. 1993
12. Vining. DN. Et al: Virtual colonoscopy Radiology 193: 446. 1994
13. Satava RM. Morgan K. et al: Interactive Technology and the New Medical Paradigm for Health Care. Washington, IOS Press. 1995