

## EL SIGNIFICADO DE LA INVESTIGACIÓN EN LOS CENTROS MÉDICOS (HOSPITALES)

En 1992, la Organización Mundial de la Salud señaló que parecía haberse llegado a un estancamiento en la ganancia de salud. El estudio de la OMS indicó que, en comparación con la década de los 40, la población padece episodios más frecuentes y prolongados de enfermedades agudas, a la vez que incrementa la incidencia de las enfermedades crónicas. Otro hecho alarmante es el de la rebelión de los microbios; la tuberculosis, por ejemplo, está reapareciendo en occidente a causa de la utilización indiscriminada de los antibióticos, que ha dado la oportunidad a la bacteria de desarrollar resistencia .

Por ello, la OMS confía en el descubrimiento de nuevos fármacos y en el desarrollo de tecnologías médicas más eficaces; para ello se dispone de poderosas herramientas; la biotecnología, las computadoras cada vez más rápidas y capaces, las telecomunicaciones y la robótica, están ahí y han de transformar, de nuevo, el mundo sanitario. No cabe duda de que habrá píldoras para cada una de las enfermedades ahora sin tratamiento; existirán pruebas que permitan predecir la evolución médica de un sujeto a efectos de diseñar la estrategia adecuada para prevenir y controlar cada perfil patológico. Robots cualificados operarán con tal precisión que desplazarán a los más expertos cirujanos. Médicos, enfermeras, hospitales e industrias, estarán integrados en una red de computadoras, teléfonos, fibras ópticas y satélites, a la que tendrá acceso cada individuo. El negociado sanitario global estará automatizado y controlado en términos de coste y eficiencia.

Por otro lado, la próxima generación de productos médicos mejorará los resultados terapéuticos. La cirugía será menos invasiva y dolorosa y más segura; incluso se realizará sin la utilización del paradigma bisturí. Los pacientes se recuperarán con mayor rapidez y necesitarán menor atención hospitalaria. En cuanto a los fármacos, la biotecnología evolucionará desde lo paliativo a lo curativo. No cabe duda de que todas esas innovaciones señalan buenos tiempos para el sector salud. Pero ello exige una nueva concepción de la asistencia sanitaria. Los diferentes actores deben llegar a alianzas que consigan un servicio integral de salud. La industria, en este entramado, dependerá, cada vez más, de sus programas de investigación y desarrollo (I+D, R&D), a efectos de conseguir nuevos productos cada vez más eficientes. Tiene más sentido hablar de programas de desarrollo e investigación (D+I - D&R) frente al clásico I+D.

El **paradigma tecnológico** condiciona la Medicina hacia su futuro. Paradigma que impregna cuatro temas dominantes: la telecomunicación, la iconotecnología, la quirotecnología y la biotecnología. La revolución informática en el sector sanitario está en la Edad Media. La comunicación en el mundo médico se reduce a lo que se escribe en diferentes impresos de papel que son depositados en archivos donde, en el mejor de los casos, dormitan. De hecho, diferentes médicos especialistas, médicos en formación, enfermeras y Uil sin fin de profesionales, transitan, diariamente, por las diferentes unidades de los centros médicos; pero su relación termina en las fronteras de sus respectivas unidades. Los médicos de familia, por su parte, rara vez se comunican con sus colegas institucionales. El resultado suele ser la duplicación del esfuerzo. Los sistemas de salud operan bajo montañas de documentos.

La tecnología informática acompañará a la medicina hacia el siglo XXI. Los sistemas multimedia cubren, hoy día, un gran abanico de necesidades: archivos de información documental simple, de datos analíticos o de técnicas de imagen; redes intrahospitalarias en tiempo real de analítica e imagen; sistemas de comunicación entre la casa del enfermo y el hospital para consulta automatizada -existe el antecedente de la tele-EEG vía teléfono-, o sistemas de comunicación entre la casa del médico y el hospital para

consultas complejas, en tiempo real.

Desde el punto de vista práctico, diferentes estudios indican un ahorro de \$800 por paciente en aquellos centros que disponen de una informática operativa de primer nivel, cantidad que puede representar millones al cabo del año. Ante tal estimación, la iniciativa conocida como Gore-2 intenta crear una autopista informativa que conecte todo el sistema de salud americano. Las dificultades estriban, principalmente, en la multitud de lenguajes médicos existentes; en Europa, el programa *Advanced Informatics in Medicine* (AIM) intenta unificarlos. Incluso los más conservadores creen que para el año 2010 las computadoras se habrán integrado, plenamente, en las operaciones comunicativas de los sistemas de salud.

También las computadoras estarán presentes a la hora del diagnóstico. Varios son los paradigmas principales en la toma de decisiones ayudada por ordenador (CADM, *Computer Assisted Diagnosis in Medicine*); los más simples y difundidos corresponden a los algoritmos clínicos o diagramas de flujo protocolizados y su análisis estadístico, que resumen formalmente la actuación médica. Cuando un clínico ordena una prueba diagnóstica y finalmente realiza un diagnóstico, lo hace sobre la base de su experiencia y conocimiento, así como ante cierta impresión de fiabilidad; aspectos que corresponden a la teoría de la decisión y a la teoría de la información. Aunque tales métodos pertenecen a conceptos extraños para la mayoría de los clínicos, tienen unos principios básicos relativamente simples y operan de manera inconsciente en toda actuación clínica; su objetivación práctica señala la transición hacia una medicina formalizada, hacia una medicina condicionada a la computadora.

Pero la contribución de las computadoras no acaba ahí; su enorme poder de procesamiento y los nuevos canales de comunicación que han creado, han posibilitado, en colaboración con tecnologías temáticas, otras dos revoluciones: la icónica y la quirúrgica.

El poder de la imagen ha sido siempre irresistible. En los últimos meses de 1895 - este año se celebra el centenario - Wilhelm Roentgen, mientras manejaba un tubo de rayos catódicos no pudo resistir colocar su mano entre un haz de misteriosos rayos X y una placa fotográfica. La tradición se ha mantenido; James Prichard, un médico de la Universidad de Yale, comprobó los efectos del champán sobre el metabolismo cerebral introduciendo su propia cabeza en un espectroscopio de resonancia magnética, y John Allman, un psicobiólogo de CALTECH, cartografió su propio cerebro utilizando una combinación de imagen por resonancia magnética nuclear y de tomografía de emisión de positrones. No cabe duda que los pioneros de la cartografía anatómica eligieron el imperativo socrático de "conócete a ti mismo"; iniciaron, con ello, la **revolución icónica** de la Medicina.

Las modernas técnicas de radiología digital, simple o por sustracción, aplicadas a las diferentes modalidades de imagen tomográfica computarizada, proporcionan una resolución morfológica más allá de las sofisticadas técnicas de preparación anatómica. Pero la imagen va más allá de la morfología; la tecnología iconográfica actual apuesta por la función. La imagen por resonancia magnética, en su modalidad ecoplanar, proporciona imágenes ultrarrápidas que detectan modificaciones funcionales; por su parte, las técnicas de emisión de positrones -PET- o de fotón único -SPET-, permiten estudiar perturbaciones metabólicas locales que se asocian a actividades específicas. Más aún, la combinación de imagen por resonancia magnética y de magnetoencefalografía, localizan funciones cognitivas. A su vez, las técnicas espectrográficas facilitan el acceso al componente bioquímico de las estructuras.

La luz, por su parte, es una emisión no ionizante, bastante segura, cuyas aplicaciones médicas son conocidas desde antiguo. En particular, la radiación infrarroja atraviesa con facilidad estructuras tales como el cráneo, penetra en diferentes tejidos, es bien tolerada a grandes dosis, y puede utilizarse para cuantificar diferentes metabolitos y compuestos; tal ocurre con la *Optical Time-of-Flight and Absorbance Imaging* (TOFA).

El que la imagen proporcionada exista, prácticamente, en tiempo real, abre las puertas a la biopsia óptica no quirúrgica. Posibilidad que se ve reforzada en cuanto que la sensibilidad puede incrementarse, bien inyectando marcadores fluorescentes tejido-específicos o aplicando longitudes de onda específicas que induzcan fluorescencia natural. El *Optical Biopsy System* (OBS) permite la detección en tiempo real de tumores y otras patologías. El OBS utiliza una pequeña fibra óptica como sonda, que puede acoplarse a cualquier sistema de endoscopia o utilizarse en el examen directo de la superficie cutánea, del cristalino o de las mucosas. El objetivo del sistema es lograr el análisis espectroscópico de las señales de reflexión, dispersión y absorción de los fotones incidentes, así como de la fluorescencia tisular provocada; en este último caso, tanto a partir de moléculas estructurales (elastina, colágeno) o enzimas (NADH), como de metabolitos de diferentes fármacos.

El paso de la luz a través de un tejido es solo una de las maneras de obtener una imagen. Otra, es aprovechar una rama de la óptica denominada interferometría de coherencia para analizar las reflexiones imperceptibles de la luz sobre las estructuras corporales. La *Optical Coherence Tomography* (OCT) es una técnica no invasiva, no de contacto, que utiliza la radiación infrarroja para proporcionar imágenes seccionales de los tejidos con una resolución de 10-20  $\mu$ . La retina, el nervio óptico y los melanomas, son los objetivos iniciales. La OCT endoscópica proporcionará, en su caso, una guía en tiempo real durante las angioplastias, a la vez de servir de medio diagnóstico de las lesiones ateroscleróticas iniciales.

Tales avances en las técnicas de imagen llevan de la mano al mundo de la cirugía. Desde sus orígenes como barberos, los cirujanos han aceptado la enfermedad e incluso la muerte, como un efecto colateral desafortunado de su destreza. Los cirujanos realizan grandes destrozos en el organismo para poder repararlo; para hacerlo bien, necesitan ser agresivos. Parece lógico, sin embargo, que mucho mejor sería que la cirugía fuera menos violenta; es lo que pretende la **revolución quirúrgica**.

Tras la introducción de la anestesia, hace 150 años, dos avances técnicos -la cirugía guiada por la imagen y la robótica- están dispuestos a renovar los cimientos del quirófano. La primera -quiroimagen- ofrece al cirujano la posibilidad de visualizar el interior del organismo mediante incisiones mínimas. La quiroimagen realza la realidad al potenciar la capacidad visual; al contrario que la realidad virtual, representa un cuerpo real.

A partir del loncheado tomográfico bidimensional puede efectuarse una reconstrucción tridimensional del paciente, a la vez que pueden elegirse visualizaciones a distinto nivel de profundidad. Pero hay más, la imagen real del paciente puede asociarse a la imagen tridimensional reconstruida mediante un sistema de video, de tal manera que esta siga cualquier movimiento del cuerpo del paciente; ello permite al cirujano disponer, en todo momento, de la imagen directa del paciente y, a la vez, de la perspectiva anatómica interna correspondiente. Se ha construido un panel transparente, a modo de una telepizarra, que se coloca a la cabecera de la mesa de operaciones; allí se proyecta la imagen tridimensional reconstruida, cuya perspectiva se modifica con los movimientos de la cabeza y de los ojos del cirujano, quién utiliza instrumentos luminosos, cuyas emisiones pueden ser registradas y proyectadas en la telepizarra. De esta manera se tiene un conocimiento exacto, en cada momento, de las maniobras realizadas.

La quiroimagen es también eficaz en el planteamiento de diferentes estrategias quirúrgicas, tales como en la cirugía reconstructiva craneofacial, donde el modelado tridimensional es indispensable. La quiroimagen es, desde otro enfoque, la base de la cirugía endoscópica. Los endoscopios -con el antecedente de las endoscopias bronquial, digestiva o urológica- se introducen en las diferentes cavidades a través de incisiones mínimas en la piel; los potentes dispositivos ópticos disponibles ofrecen una panorámica ampliada del interior del organismo. Delicados instrumentos quirúrgicos de manejo a distancia - a modo de brazos artificiales- perfilan la intervención.

A pesar de todo, la cirugía endoscópica significa una agresión, aunque mínima, al organismo. La intervención quirúrgica ideal es aquella que no viola la integridad del organismo; la "cirugía-que-no-deja-huellas". La cirugía ablativa ultrasónica de tumores o la cirugía intravascular mediante laser, apoyadas en la tecnología de imagen, han iniciado el camino. Camino que se ha visto nuevas e insospechadas posibilidades: la robótica amenaza con producir nuevas conmociones en los viejos hábitos quirúrgicos.

Hace siete años, dos cirujanos acudieron a IBM con un problema: con el objetivo de realizar un implante total de cadera, el cirujano debe esculpir una cavidad adecuada que acoja a la prótesis. Las herramientas utilizadas no representan, desde luego, tecnología punta; ¿podría diseñarse un robot que realizara el trabajo con precisión y seguridad? La respuesta de IBM ha sido Robodoc ®; tal artilugio tiene una precisión de 0.05 cm, lograda mediante un sistema integrado de quiroimagen. Robodoc es veinte veces más preciso que el más hábil de los cirujanos; estará listo a finales del 95. La quirobótica dio sus primeros pasos en 1989, cuando se desarrolló el primer robot quirúrgico diseñado para realizar prostatectomías vía transuretral; lo que consigue en menos de 20 minutos, un tercio del tiempo medio consumido en la operación por un urólogo avezado.

Quizá, un paso más es el telecontrol de los robots; la denominada cirugía por telepresencia permite que el cirujano actúa sobre un paciente a miles de kilómetros utilizando robots dirigidos por control remoto. Medicina *Nintendo* es el apodo acuñado. La atención médico-quirúrgica en futuras estaciones espaciales es el paradigma de la telepresencia. Otra posibilidad la representan los minirobots, que actúan en lugares recónditos e inaccesibles a las técnicas quirúrgicas convencionales, o bien practicando técnicas que hagan innecesaria la cirugía agresiva e, incluso, endoscópica. Junto a ello, la cirugía rehabilitadora, por su parte, va de la mano de la biónica, término que se refiere al desarrollo de órganos artificiales: pabellones auriculares, piel, vasos sanguíneos, riñones "tamaño bolsillo", hígado y corazón artificiales, están disponibles; igual que articulaciones y miembros. El término también se refiere a cualquier diseño electromecánico que emula el comportamiento de un organismo vivo. Una próxima generación de diferentes organismos ha comenzado su evolución: bionicmen, androides, y cyborgs.

En este sentido, el futuro comenzó el 29 de diciembre de 1959, cuando Richard P. Feynman, Premio Nobel de Física en 1965, leyó el discurso inaugural de la reunión anual de la *American Physical Society* (publicado en *Engineering & Science*, la revista de los estudiantes de CALTECH):

*I would like to describe a field, in which little has been done, but in which an enormous amount can be done in principle [...] What I went to talk about is the problem of manipulating and controlling things on a small scale [...] This fact [...] is, of course, well known to the biologists [...] The biological example of writing information on a small scale has inspired me to think of something that should be possible [...] A biological system can be exceedingly small [...] There may even be an economic point to this business of making things very small [...] Let*

*me remind you of some of the problems of computing machines[...] When our computers get faster and faster and more and more elaborate, we will have to make them smaller and smaller [...] How can we make such a device? What kind of manufacturing processes would we need? [...] I can't see exactly what would happen, but I can hardly doubt that when we have some control of the arrangement of things on a small scale we will get an enormously greater range of possible properties that substances can have, and of different things that we can do [...] Atoms on a small scale -say circuit of seven atoms- be like nothing on a large scale, for they satisfy the laws of quantum mechanics [...] we are working with different laws, and we can expect to do different things. We can manufacture in different ways [...] At the atomic level, we have new kinds of forces and new kinds of possibilities, new kinds of effects [...] I am, as I said inspired by the biological phenomena in which chemical forces are used in a repetition fashion to produce all kinds of weird effects”.*

*“I challenge the notion that nanotechnology exists”,* fue dicho en la reunión celebrada en enero de 1992, en Tokyo, sobre *Nanotechnology: Science at the atomic scale*, una actividad a 25 años vista, donde el problema, más que el exceso de imaginación, puede ser la incapacidad de aprender las nuevas habilidades que habrá que desarrollar para utilizar esta prototecnología. La nanotecnología ofrece la posibilidad de reorganizar la estructura molecular, átomo por átomo; los nanotecnólogos manipulan átomos y moléculas más que materia concreta (*buck technology*). Sus aplicaciones en una futura cirugía molecular, son evidentes. Ya se ha presentado un modelo de un neurochip, un chip cuya cubierta se activa por el impulso axónico; la despolarización de la membrana, como en una neurona, es la señal de memorización. Se especula respecto a su futura utilización como unidades de reemplazamiento, en patologías neurodegenerativas.

Si las computadoras, las telecomunicaciones y los robots, pueden hacer a los médicos y a los hospitales, más eficientes y seguros, la **revolución biotecnológica** llevará a la Medicina a mundos aún sin soñar. Durante las últimas décadas, el concepto prometedor de terapia génica se ha consolidado; un concepto basado en la hipótesis de que el tratamiento definitivo de las enfermedades genéticas, debería ser posible dirigiendo el tratamiento al lugar mismo del defecto -un gen mutado-, y no a los efectos pleiotrópicos, secundarios, de los productos de ese gen. Los científicos han descubierto que han transformado la Biología, de una disciplina dedicada al estudio pasivo de la vida, en otra capaz de transformarla. Los biólogos creen, hoy, que al tener los genes al alcance de la mano serán capaces de eliminar la mayoría de las enfermedades que afligen a la humanidad. Mañana, tan pretenciosa afirmación puede que parezca modesta.

Todo ello cambiará de manera radical el complejo mundo de la salud, creando un nuevo mundo sanitario. En los 90s, hoy, una persona acude al médico, por término medio, 4 o 5 veces al año; en el 2010, la consulta se hará desde el domicilio del paciente al domicilio del médico, vía televideoconferencia. Por su parte, el paciente dispondrá de un sistema de autoexamen que controlará su estado físico y mental; los datos serán procesados por una computadora conectada, a su vez, a las autopistas infomédicas. Una computadora central revisará los datos e indicará el procedimiento a seguir y, en su caso, dictará el mejor tratamiento. Si se prescriben drogas, serán enviadas automáticamente a casa como unidades, o bien se dispensarán a través de unidades farmacéuticas del tipo de los actuales cajeros automáticos.

Si fuese necesaria la cirugía, el paciente, prácticamente, no necesitará ingreso hospitalario. Dada la inocuidad de los procedimientos quirúrgicos, los pacientes se recuperarán con rapidez, siendo impensable que se necesiten estancias mayores a 24h; en los casos en que sea necesario pernoctar bajo vigilancia, el paciente ingresará, no

más de 12 h, en saniteles, donde se proporcionará atención de enfermería. El enfermo no tendrá que desplazarse al hospital; un quirófano móvil dotado de cirugía por telepresencia, será el que lo haga. En la mayoría de las ocasiones las intervenciones quirúrgicas las practicarán robots ayudados por enfermeras; habrá asistencia telemédica para decidir en casos de urgencia.

Las consecuencias sociales de los cambios señalados serán igualmente significativas. El contrato implícito entre el paciente y el médico deberá ser reescrito. Los pacientes, y no los profesionales sanitarios, serán quienes controlen el sistema. Los médicos serán meros miembros de un complejo equipo que, técnicamente, será coordinado por robots. En cualquier caso, la presencia dominante de los robots no debe significar mayor deshumanización de la medicina que la que siguió a la introducción del estetoscopio -la primera revolución tecnológica de la medicina-.

Todo lo anterior indica con claridad que la medicina actual, en periodo de transición, tiene como lugar de referencia el hospital. Pero los hospitales no parece que hayan cambiado con el tiempo. Las estructuras hospitalarias comprenden, a duras penas, lo que está pasando. Lo que está pasando es una revolución que dicta un cambio de paradigmas, forzado por las continuas generaciones de tecnología que se suceden a ritmo vertiginoso, y que señalan, con terquedad, un cambio cualitativo, conceptual, de la propia medicina.

Los hospitales no deben ser meras fábricas asistenciales; son empresas innovadoras con un significativo componente docente e investigador. La referencia de nuestras medidas ha de ser la creatividad investigadora, la transmisión del conocimiento mediante el cultivo de la calidad. La alternativa hospitalaria es simple, o se adecua a las exigencias del futuro previsible o, simplemente, envejecer en la mediocridad masificadora. No se reclama la práctica de la mal denominada investigación básica en los hospitales; se defiende el papel de la investigación científica y epidemiológica, orientada hacia el enfermo. Aquella investigación que va a aportar soluciones a los problemas planteados, tanto diagnósticos como terapéuticos; y ello va de la mano, inexorablemente, tanto del conocimiento científico-técnico y el de su historia, como de la realidad social existente.

Sirva de epílogo una cita del Prof. David Weatherall:

*“El papel, cada vez más importante, de la ciencia en la provisión de los cuidados médicos, junto con la dificultad y lo complicado de los factores sociales y éticos asociados, que orientarán la capacidad para determinar el futuro, exigen de todos nosotros una mayor preparación científica. Los políticos deben comprender los rudimentos de la evidencia científica, y la sociedad, en su conjunto, debe estar suficientemente informada para poder participar en el debate de las complejas repercusiones que, continuamente, derivan del avance de la investigación biomédica. Esta sensibilidad hacia el conocimiento debe comenzar en la escuela, donde la formación científica debe ocupar un lugar relevante”.*

Pedro R. García Barreno  
Hospital General de Madrid, 1995.