



Luis Martí-Bonmatí.

Retos y desafíos tecnológicos de la Radiología

Martí-Bonmatí L

Director del Área Clínica de Imagen Médica.

Hospital Universitario y Politécnico La Fe. Valencia.

Jefe de Servicio de Radiología. Hospital Quirón. Valencia.

Dirección para correspondencia: luis.marti@uv.es

Introducción

“Quisiera que me dijeran con precisión qué puedo desarrollar, cómo están mis órganos y sistemas, qué tipo de lesión tengo, qué tratamiento es el más eficaz y cómo deben seguirse sus efectos.” Parece que no hay duda de este interés universal en una sociedad moderna, de calidad y centrada en los individuos.

En Radiología, un servicio de calidad es aquel que dispone de radiólogos competentes y comprometidos, posee una oferta tecnológica actualizada, la utiliza adecuadamente y además participa de forma activa en todos los procesos sanitarios donde la imagen es relevante. Un servicio radiológico de calidad clínica innova, optimiza, simplifica e incorpora cualquier posible conocimiento que se considere mejora la salud de los pacientes y el trabajo de los profesionales. Innovar es implementar nuevos procedimientos, tanto diagnósticos como terapéuticos, para solucionar lo antes posible un problema de salud de un paciente concreto. Innovar también significa mejorar la organización de la atención para que esta sea más eficiente y satisfactoria para el enfermo. En Radiolo-

gía, muchos de estos procedimientos innovadores tienen una base tecnológica.

La tecnología sanitaria puede considerarse la consecuencia de una unión, en tiempo y espacio adecuados, entre las necesidades clínicas de base científica que permiten dar al paciente una sanidad más precoz y precisa, y la ingeniería que es capaz de diseñar y crear aquellos procedimientos que facilitan esta adaptación. En este proceso científico-tecnológico, la medicina está redefiniendo constantemente sus objetivos y estrategias, de tal forma que en la actualidad se acepta que para ser adecuada debe priorizar, ser personalizada, precisa, precoz y participativa. Por su parte, la ingeniería utiliza diferentes técnicas, diseños y modelos, para resolver problemas y generar soluciones orientadas a satisfacer las necesidades sanitarias de la población. A través de las necesidades identificadas y no cubiertas en la medicina clínica actual, el progreso científico-tecnológico da una respuesta que se basa en la inquietud de la profesión médica de no disponer de diagnósticos y tratamientos más precisos, mejor dirigidos y con menos efectos adversos.

En un entorno centrado en la satisfacción del paciente, el mapa de procesos de nuestra actividad incluye la definición de los criterios de adecuación de las solicitudes de pruebas diagnósticas y terapéuticas, la recepción de las peticiones y la optimización de los algoritmos y pautas de realización, el informe estructurado del resultado y su integración aportando valor clínico, y el seguimiento adecuado del episodio por el que se evalúa al paciente. Este mapa de procesos es un instrumento muy útil para analizar y localizar las interacciones que sean susceptibles de mejora, redefiniendo las actuaciones (transformar el "cómo es" en "cómo debe ser"), eliminando las etapas innecesarias que no aportan valor, optimizando el proceso con actividades más eficientes (más precisas, rápidas y que generan información o resultados más favorables) y centran todas las acciones en el beneficio final del paciente y la sostenibilidad del proceso. La tecnología tiene un peso muy importante en todas estas áreas, desde la adquisición de equipamiento, el procesado de la imagen, su distribución y la gestión de la información que asocia. ¿Por qué limitar pues su ampliación de uso? ¿Qué niveles de evidencia son necesarios para innovar y mejorar tanto el beneficio como la satisfacción del paciente? ¿Queremos influir en la innovación mediante las tecnologías de imagen?

El uso adecuado de la mejor tecnología garantiza mantener la salud, prevenir la enfermedad, detectarla precozmente, gradar su agresividad y extensión, tratarla de manera más eficiente y seguir los efectos de la terapia. La definición de las dianas (los procesos biológicos y celulares responsables de la pérdida de salud) permite favorecer la utilización adecuada de la tecnología para analizarlas, asegurando la mayor seguridad, eficacia, efectividad, eficiencia y equidad. La

tecnología es un puente entre los niveles de decisión, las fuentes de conocimiento y los desarrollos ingenieriles.

Pese a este conocimiento comúnmente aceptado, siguen existiendo ciertos condicionantes. ¿En qué medida afecta una mejor tecnología en la salud? ¿Quién define el impacto de las nuevas tecnologías en la solución de la enfermedad? ¿Cómo afecta la obsolescencia de conceptos y tecnologías en el estado de salud de los pacientes? ¿Cuán eficiente es un sistema basado en tecnologías no actualizadas? ¿Qué nivel y características de evidencia científica son adecuados? ¿Qué coste es aceptable? ¿Qué coste se considera que puede limitar su utilización? ¿Cuál es y cómo se mide el beneficio de utilizar la tecnología más adecuada en imagen médica? Todas estas preguntas se responden con una simple observación: se cura mejor lo que se conoce y se conoce mejor lo que se observa. De ahí la relevancia de observar y dirigir mejor (la imagen), conocer mejor (las dianas) y centrar nuestro trabajo en el paciente (personalizar y precisar).

Obsolescencia y coste-beneficio

Criterios muy relevantes a la tecnología son aquellos relacionados con su valor. Podemos definir el ciclo de vida del equipamiento de imagen médica como el periodo de tiempo en el que una tecnología adquirida mantiene un nivel tecnológico similar sin actuaciones críticas. Al finalizar un ciclo de vida, el equipo debería ser sustituido o completamente actualizado. Los ciclos de vida dependen de la duración física de los componentes electrónicos y dispositivos (obsolescencia técnica), y de las mejoras, cambios y actualizaciones en la tecnología médica (obsolescencia tecnológica). Los ciclos de vida dependen de la edad del equipamien-

to y la intensidad de su uso, de la existencia de piezas de recambio, de la calidad de la imagen que genera, de la existencia de programas de mantenimiento, de las actualizaciones realizadas y de diversos parámetros de seguridad.

De un modo general, se definen los ciclos de vida de la ecografía en cinco años, la radiografía convencional en siete años, los portátiles en diez años, y la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) en siete años. La definición de tramo tecnológico es más compleja. Parece una propuesta acertada establecer el nivel tecnológico de una especialidad concreta de aparataje (por ejemplo, la TC), sobre la base de las características que mejor definen la calidad percibida por los usuarios (radiólogos principalmente). Así, si clasificamos esta distribución porcentual en cuartiles, tendremos cuatro niveles tecnológicos aceptados (bajo, medio, alto, muy alto). Un mismo equipo puede tener un nivel tecnológico alto y al poco tiempo pasar a medio si ha habido cambios en el número o tipo de variables que definen esta calidad.

Un Servicio de Radiología adecuado que genera información ajustada al conocimiento debe tener un equipamiento que no haya superado su ciclo de vida y que esté situado en un tramo tecnológico adecuado. El equilibrio entre su obsolescencia tecnológica y el uso clínico apropiado es siempre delicado y deben ser los radiólogos los que, sobre la base del conocimiento científico actualizado del entorno en el que trabajan, definan los balances más adecuados.

Retos en adquisición de imágenes

Muchas son las áreas en las que la imagen médica está implementando de-

sarrollos tecnológicos con el objetivo de maximizar la calidad (mejor señal, más rápida, más definida) y su impacto sobre el proceso de la enfermedad que quiere evaluar.

La Radiografía Digital con tamaños de píxel submilimétricos mejorará el análisis de texturas y formas; los detectores cada vez más eficientes minimizarán la dosis de radiación necesaria para obtener imágenes nítidas de pequeñas estructuras.

La ecografía adquirirá imágenes tridimensionales para su estudio tomográfico en las estaciones diagnósticas, disminuyendo los tiempos de estudio al paciente; los medios de contraste intravasculares permitirán visualizar la perfusión de los tejidos y tumores; la elastografía evaluará la rigidez y presión de órganos y lesiones, y la fusión intermodal guiará mediante esta técnica la biopsia y el tratamiento local de lesiones que se ven únicamente con otras modalidades (como la tomografía por emisión de positrones) o parámetros (como los mapas de permeabilidad capilar).

La TC multidetector (MDCT) usará toda la capacidad de la energía de los rayos X para obtener imágenes de diferentes energías (energía dual, multiespectral, contadores de fotones), con resoluciones espaciales muy altas (detectores planos) e incluso reconstruyendo con otras propiedades de las radiaciones (contraste de fase). Por su parte, la RM usará secuencias rápidas de mayor calidad empleando señales digitales en inicio, volumétricas y resueltas en potenciación. La imagen estructural y funcional de esta técnica será el puente entre los fenómenos celulares y fisiológicos y su modelado *in vivo*. Esta imagen será además cuantitativa, paramétrica, multivariante y de base celular-estructural. En este contexto se entienden los bio-

marcadores de imagen como la representación espacial de una característica extraída de las imágenes adquiridas de un paciente, medida de forma objetiva y relacionada con un proceso biológico normal, una enfermedad o una respuesta a una intervención terapéutica.

La imagen ampliará su espectro a la Óptica, tanto en superficie combinada con otras modalidades como la ecografía, como en su uso endocavitario, como la tomografía óptica intravascular. Las imágenes son cada día más multidimensionales (expresan diferentes informaciones que pueden separarse como canales independientes) y multiparamétricas (representan procesos biológicos o fisiológicos de relevancia para la enfermedad). Que los especialistas en imagen médica seamos capaces de solventar la distancia entre posibilidades tecnológicas, innovación de procesos y relevancia clínica es nuestra principal tarea a corto plazo.

Retos en terapia guiada por imagen

La tecnología, su uso adecuado y la innovación clínica han sido los pilares de la radiología intervencionista. Este arquetipo de la terapia guiada por imagen debe asumir una serie de cambios fundamentales para que la Radiología se asiente como una especialidad clínica de base tecnológica donde la imagen es el centro del diagnóstico y la terapia. Desde el conocimiento biológico y fisiopatológico de la enfermedad y de las soluciones tecnológicas intervencionistas, la Radiología, como especialidad clínica centrada en el paciente, debe liderar la innovación y la investigación en la terapia guiada por imagen.

El paciente, eje central de nuestro trabajo, debe recibir en todo momento el

mejor tratamiento disponible, en el mejor momento y con la mayor información posible. El equipo de radiólogos intervencionistas, como responsables de la realización del procedimiento, debe implicarse en que el paciente tenga acceso a los procedimientos que solucionen con la mayor eficacia y en el menor tiempo su proceso.

La innovación y la investigación tecnológica debe pues focalizarse en mejorar los procedimientos actualmente disponibles y desarrollar otros aún menos invasivos y más resolutivos. La implantación precoz de técnicas con nuevos biomateriales, diferentes formas de vehiculización y administración de fármacos, guiado más seguro para disminuir al máximo la necesidad de usar radiación ionizante y/o de contraste, desarrollo de sistemas de imagen multimodalidad y de terapias combinadas, deben ser los pilares en los que se asienten nuestras expectativas de valor.

Tanto el enorme desarrollo alcanzado como las grandes expectativas de futuro de la terapia guiada por imagen se centran en la utilización innovadora de las mejores soluciones tecnológicas y las mejores imágenes en un entorno de alto conocimiento radiológico. Estas unidades deben dedicar su máximo esfuerzo a crecer como servicio clínico y a liderar proyectos de investigación y gestión de la innovación, teniendo siempre como eje central el uso de la mejor tecnología en beneficio del paciente.

Retos en sistemas de información asociados a la imagen

La medicina está cambiando de una actividad reactiva ante la enfermedad (curar) a otra más proactiva en la que los conceptos de predecir, personalizar, participar y prevenir (4P) serán el

próximo paso estratégico en los centros más avanzados. La identificación de los diferentes flujos de trabajo en la compleja trama hospitalaria, necesaria para su optimización y la mejora de la eficiencia de los equipos humanos y técnicos que intervienen, requiere de herramientas de ayuda a la gestión y de soporte a la toma de decisiones. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) permiten la innovación mediante nuevos desarrollos tecnológicos aplicados a la obtención y sistematización de los elementos que intervienen en los flujos de salud en un sistema hospitalario complejo, utilizando adecuadamente los datos disponibles en todos los sistemas de información hospitalarios.

La asistencia sanitaria no debe continuar focalizándose en conglomerar actos diagnósticos y terapéuticos aislados, sino en abordar al paciente y su particular condición clínica de manera individual e integrada. Existen amenazas que limitan la necesaria eficiencia y calidad asistencial y repercuten negativamente en la satisfacción del ciudadano, derivadas esencialmente del desconocimiento del gasto ajustado a actividad, la burocratización en los procesos, la falta de flexibilidad de sus estructuras y la insatisfacción de los profesionales. Para abordar estos conflictos, debemos utilizar todos los recursos y relaciones posibles, acercar la organización y la toma de decisiones a las necesidades de los pacientes, proponer modelos organizativos para visualizar las responsabilidades organizativas, orientarse hacia modelos de eficiencia en la toma de decisiones y en el consumo de los recursos, y hacer partícipe y centro de ello a los pacientes.

La utilización y explotación de los datos de los nuevos sistemas de gestión e información hospitalarios, tanto clínica como económica, parece una exce-

lente herramienta para mejorar la rentabilidad global del sistema de salud y la satisfacción percibida. La explotación de los datos del sistema informático y el conocimiento de las necesidades de los pacientes (mediante los sistemas de clasificación de pacientes por morbilidad y riesgo clínico) permite además definir una reingeniería del sistema de prestaciones para minimizar el coste al analizar las variables poblacionales (aquellas que influyen en la frecuentación y complejidad de las pruebas), los prescriptores (utilización adecuada de los estándares basados en la evidencia) y los episodios (ajuste a algoritmos y redefinición de procesos en el Área de Imagen).

Las iniciativas innovadoras deben ser estructurales (integración de los sistemas, localización de los servicios, uso adecuado de la historia clínica electrónica) y organizativas (citaciones, distribución del personal, proactividad). Muchas iniciativas deben además ser de actitud y de conducta, priorizando el aprendizaje de las necesidades de los pacientes, escuchándolos y tratándolos como iguales.

El concepto de cuidado centrado en el paciente conlleva una oportunidad de innovación que debe centrarse en el conocimiento del escenario del cambio, la participación de pacientes y familiares, la incorporación de medidas precisas de la situación biológica de un sujeto en particular y la colaboración del entorno clínico para profundizar en el valor de las soluciones y descubrir las necesidades adecuadas en estos pacientes. Son para ello impresionables las herramientas tecnológicas que den soporte a la comprensión del escenario del cambio, el desarrollo de equipos multidisciplinares de innovación y a la creación de plataformas de trabajo y comunicación que proporcionen la visión tecnológica, económica, clínica y contextual de

este escenario de salud centrada en los pacientes.

El desarrollo de sistemas de ayuda a la toma de decisiones retroalimentados basados en el conocimiento obtenido mediante ingeniería de procesos y pensamiento estructurado permitirá desbloquear la complejidad del diseño actual del sistema de salud y transformarlo en innovación centrada en el paciente. La traducción de toda esa información en proposiciones tangibles e interactivas basadas en la calidad y que mantenga la integridad respecto a las necesidades de los pacientes (participación, personalización, precisión) es nuestro objetivo principal.

Tecnología, sostenibilidad e innovación

Una mejor tecnología en los sistemas de salud permite alcanzar diagnósticos más precoces de la enfermedad, incluso diagnósticos preventivos; diagnósticos más precisos; proveyendo de una mayor información sobre el proceso patológico que sucede en el individuo acercándonos más a la medicina personalizada. Sin embargo, la tecnología y la inversión inicial que conlleva se consideran prescindibles en momentos de ajustes económicos. ¿Cómo puede limitarse el motor de la calidad asistencial? Veamos unas cuantas preguntas, respuestas y consideraciones.

¿Quién define el impacto de las nuevas tecnologías en la solución de la enfermedad? La valoración de su impacto debe partir de un análisis y evaluación que comienzan en los profesionales sanitarios, los médicos y el personal de Enfermería, y debe continuar con la incorporación al proceso de los supervisores, los gestores y los directores. También es fundamental la

participación de profesionales preparados para llevar a cabo un análisis crítico del estado de conocimiento científico sobre las bondades de la tecnología sanitaria. Todos ellos deben analizar en qué medida los avances tecnológicos pueden contribuir, y están promoviendo, a mejorar la salud de los pacientes en sus aspectos individuales, sociales y económicos. En la medida en que los recursos disponibles para la atención de la salud son limitados, los recursos consumidos deben ser, para un mismo resultado, los menores posibles en los servicios de salud. Hablaremos entonces de eficiencia, y garantizarla es otro aspecto fundamental de la innovación tecnológica y el desarrollo sanitario.

¿Cómo afecta la obsolescencia de conceptos y tecnologías en el estado de salud de los pacientes? Tanto la obsolescencia de conceptos como la de tecnologías influyen negativamente en el estado de salud de los pacientes, al derivarse de ambas un abordaje que no se corresponde con el que debe ofrecerse al paciente. Conceptos, ideas y tecnologías deben ir siempre de la mano para lograr que el centro del sistema sanitario, el paciente, obtenga la mayor calidad asistencial (prevenir la enfermedad, diagnosticar el proceso, tratarlo adecuadamente, seguirlo convenientemente). Ahorrar en una parte aislada del proceso de forma injustificada y sin considerar el resultado y la validez final puede romper la cadena integral de la eficiencia y encarecer el resultado final.

¿Cuánto de eficiente es un sistema basado en tecnologías no actualizadas? Nuestro trabajo sanitario debe adaptarse al entorno, a sus posibilidades y sus necesidades. Nuestro trabajo debe también adaptarse a mejorarlo y adecuarlo al conocimiento más evolucionado. Una tecnología avanzada en un lugar en el que no se dispone de

medios humanos, conocimientos ni materiales para obtener su máximo rendimiento tiene tan poco sentido como una tecnología obsoleta en un lugar en el que los profesionales están educados y motivados para actuar con los últimos diseños tecnológicos, en tiempo y forma adecuados. La adecuación de las acciones radiológicas al problema de salud y la disponibilidad de medios es un ejercicio constante en todos los Servicios de Radiología. Si una nueva tecnología no proporciona al menos algún beneficio, y fueran eliminados los usos obsoletos que mejora, no sería recomendable su adopción.

¿Qué coste es aceptable? Un componente importante del aumento del gasto sanitario es la innovación tecnológica. Sin embargo, existe poca información relativa a sus costes, beneficios, uso apropiado y distribución adecuada. Es decir, a día de hoy, no se han estudiado en profundidad los costes económicos y de salud derivados de la infrautilización de métodos innovadores. La innovación tecnológica lleva una inversión inicial y unos resultados ajustados al beneficio que producen. Cualquier coste sufragable que genere beneficios finales (menos coste del proceso global, mayor salud final del ciudadano, menores complicaciones) y justifique su efectividad (acciones ajustadas en tiempo y forma a la enfermedad) debe aceptarse siempre que este análisis sea veraz y esté consensuado.

¿Cuál es y cómo se mide el beneficio de utilizar la tecnología más adecuada en imagen médica? Los resultados intermedios como la ayuda a decisión clínica precoz y certera, el cambio en el tratamiento o la terapia dirigida más eficiente son buenos marcadores de beneficio en imagen médica. El resultado final también debe objetivarse y medirse como calidad de vida ajustada

al nivel de salud obtenido en la población mediante la unidad de «años de vida ajustados por calidad» (QALY), calculado a partir del índice de Rosser (sobre el grado de discapacidad y el grado de distrés). De este modo, se podrá conocer qué efecto están teniendo nuestras acciones en la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de la enfermedad. La imagen médica es la tecnología sanitaria que tiene un clarísimo impacto en estos aspectos. Si volvemos a la medicina sintomática, tardía y poco resolutive de hace unas pocas décadas, reconoceremos la enorme importancia que la imagen del cuerpo humano y de los procesos que en él acontecen tiene en estos momentos, y tendrá a corto y medio plazo, si se sigue desarrollando una tecnología orientada e innovadora.

Como apunte final, recordemos que, según el Fondo Monetario Internacional, la «globalización» económica se entiende como el resultado de la innovación humana y el progreso tecnológico (personas + tecnología). Cualquier desarrollo tecnológico está siempre orientado hacia la mejora de la eficacia, la eficiencia y la productividad. Las personas definen los procesos donde estos desarrollos generan una información, en tiempo y espacio, inalcanzable de otra forma. De este modo, con un desarrollo tecnológico orientado es posible optimizar los recursos para asumir y controlar más procesos y generar una mayor cantidad de información en un menor tiempo con la finalidad de diagnosticar y tratar antes y mejor, de prevenir y predecir, de personalizar y hacer partícipe al paciente en el proceso de su salud.

En tecnología sanitaria, el desarrollo tecnológico garantiza la sostenibilidad bajo dos aspectos inherentes a la calidad del sistema sanitario. Por un lado, permite optimizar los procesos de atención a los pacientes en el tiempo

y en la cantidad de recursos dedicados a los mismos, mediante la gestión de la información y la adecuación de la interacción humana. Por otro, el resultado de nuevos desarrollos metodológicos redundará en mejores diagnósticos, intervenciones y evaluaciones terapéuticas, garantizando la sostenibilidad del sistema de salud y de toda la población, al minimizar errores costosos (en tiempo y coste).

La innovación tecnológica no es la causa del aumento en el gasto sanitario, sino muy probablemente la mejor herramienta que tenemos para su contención.

Agradecimientos

Quiero agradecer las contribuciones e ideas de mis compañeros Ángel Alberich, ingeniero biomédico del Hospital Quirón de Valencia; Fernando Gómez, radiólogo intervencionista del Hospital Universitario y Politécnico La Fe de Valencia; Carla Sancho, del Centro de

Investigación en Economía y Gestión de la Salud de la Universidad Politécnica de Valencia, y Laura Sampietro-Colom, Subdirectora de Innovación del Hospital Clínic Barcelona.

Bibliografía recomendada

- FENIN. La aportación de las empresas de Tecnología Sanitaria a la sostenibilidad del sistema sanitario español [en línea]. Disponible en http://www.fenin.es/pdf/estudio_sostenibilidad.pdf
- International Monetary Fund. Globalization: Threat or Opportunity? 2000 [en línea]. Disponible en <http://www.imf.org/external/np/exr/ib/2000/041200to.htm>
- Martí-Bonmatí L, Alberich-Bayarri A, García-Martí G, Sanz Requena R, Pérez Castillo C, Carot Sierra JM, et al. Biomarcadores de imagen, imagen cuantitativa y bioingeniería. *Radiología*. 2012;54:269-78.