



## Desafíos de la especialidad de radiología en las siguientes décadas

### Challenges for radiology in the coming decades

*Dedico este trabajo al decano de la radiología mexicana, el Dr. Guillermo Santín García, con motivo de la celebración del centenario de su nacimiento*

En este trabajo se hace una revisión de la práctica de la radiología en México y se analizan los puntos o temas más importantes con las que está involucrada, como los científicos, tecnológicos, académicos, económicos, regulatorios, de organización e inclusive se hacen comentarios sobre algunos de ética médica; se revisa además su desarrollo, el estado actual y se hacen consideraciones para evaluar el futuro.

El desafío se fundamenta en varios aspectos, entre los más importantes está la vinculación de la radiología con la alta tecnología y con el conocimiento y la investigación biomédica que han conducido a notables descubrimientos, inventos e innovaciones científicas, entre las más importantes están la medicina molecular y la medicina genómica.

La industria relacionada con la radiología produce ahora nuevos aparatos que por su alta resolución permiten demostrar cambios anató-

micos y morfológicos en etapas tempranas de muchas enfermedades y, además, es posible detectar con ellos alteraciones celulares, metabólicas y funcionales; lo que ha dado lugar, inclusive, a una nueva subespecialidad llamada imagen molecular.

También han influido para el desarrollo los enormes avances en bioinformática que lograron establecer muchos protocolos y sistemas electrónicos de trabajo, entre los más importantes el DICOM (*Digital Communication in Medicine*) que facilitó unificar el lenguaje electrónico de los diferentes equipos de imagen y el PACS (*Picture Archiving Communication Systems*) que permite recibir y adquirir de los equipos digitales las imágenes, distribuirlas, archivarlas e inclusive enviarlas por medio de telerradiología.<sup>1</sup>

Los medios de contraste y los radioisótopos son resultado de extensas y complejas investigaciones biomédicas, estos productos farmacéuticos y los de radiofarmacia también han contribuido a la evolución sorprendente de la radiología; por ejemplo, los medios de contraste no iónicos, al ser mejor tolerados y además más seguros, se utilizan con más frecuencia, en especial en tomografía computada y en intervencionismo diagnóstico y terapéutico.<sup>2</sup> En la actualidad también existen moléculas que se utilizan como medios de contraste útiles en ultrasonido y en resonancia magnética.

Nuevos agentes moleculares producidos en radiofarmacias tienen propósitos diagnósticos y terapéuticos, son sustancias que pueden ser dirigidas o introducidas a tejidos y órganos afectados por diferentes enfermedades; por ejemplo, con gases inertes e hiperpolarizados inhalados se pueden detectar lesiones pulmonares en resonancia magnética<sup>3</sup> y con fluorodesoxiglucosa (FDG) y otros radionúclidos se pueden demostrar alteraciones metabólicas y funcionales en lesiones tempranas de diferentes neoplasias.

En nuestra especialidad ya también se utiliza la nanotecnología con la que es posible, por ejemplo, la introducción de microesferas radioactivas por vía intravascular que han demostrado ser útiles para el tratamiento de algunos tumores renales.<sup>4,5</sup> Así mismo, se utilizan lisosomas marcados con radioisótopos como vehículos que permiten liberar agentes citotóxicos o que contrarrestan la angiogénesis y han sido útiles para diversos tratamientos.<sup>6</sup>

Una indicación más para el uso de radioisótopos en oncología es la posibilidad de diferenciar la apoptosis o muerte celular programada de la anoxia por células dañadas por tumor o la de "iluminar" ganglios muy pequeños y demostrar metástasis tempranas prácticamente a escala celular. Los mismos agentes moleculares utilizados como contraste en algunos casos pueden tener acción terapéutica; por esta dualidad se les llama agentes teragnósticos<sup>1,7</sup> y muchos son sustancias utilizadas en quimioterapia.

Estos avances se han realizado en conjunto con la especialidad de medicina nuclear, la que desde hace varios años está vinculada estrechamente con la imagenología moderna; en sus equipos se producen imágenes funcionales más que anatómicas y, en la actualidad, ya existen aparatos de medicina nuclear acoplados a equipos de tomografía computada y de resonancia magnética que en conjunto combinan imágenes anatómicas y funcionales. Los estudios que se realizan con ellos son una combinación de tomografía por emisión de positrones con tomografía convencional (PET-CT) y con resonancia magnética (PET-RM). Estos aparatos y los conocimientos adquiridos con ellos han contribuido en forma importante al desarrollo de la imagen molecular que se fundamenta, entre otras cosas, en investigaciones relacionadas con el genoma humano.<sup>1,8</sup>

La información y los conocimientos que existen en la radiología moderna son extraordinariamen-

te amplios y complejos, por lo que los radiólogos han tenido la necesidad de ampliar y fortalecer sus conocimientos, en especial los de biología molecular y los de tecnología avanzada de la información, esta necesidad ha conducido a una mayor tendencia de los radiólogos a sub-especializarse<sup>9</sup> en neuroimagen, en cabeza y cuello, en radiología mamaria, pediátrica o intervencionista, por mencionar sólo algunas. Eso facilita que se integren más estrechamente en las actividades de atención médica y que se amplíe su comunicación con los médicos tratantes. No se considera que los radiólogos generales puedan desaparecer pero sí que deben tener amplios conocimientos que justifiquen su presencia en los modernos departamentos de radiología.<sup>10</sup>

Desde hace varios años muchos especialistas no radiólogos manejan sus propios equipos de imagen, entre otros los ginecólogos el ultrasonido, los cardiólogos los de hemodinamia y ecocardiografía y los neurólogos y los neurocirujanos los de resonancia magnética. Esto ha dado lugar a una competencia entre radiólogos y otros especialistas que se ha descrito como una guerra de territorios (*turf wars*),<sup>11</sup> el objetivo de esta forma de trabajo no debería ser financiero sino el de unir esfuerzos para dar una atención radiológica más especializada y de más calidad; para ello lo idóneo es el trabajo conjunto entre clínicos y radiólogos, lo que redundaría en mayores beneficios para los pacientes.

Las imágenes digitales de los diferentes equipos, por su alta definición y resolución permiten obtener mucha información; sin embargo, se requiere mucha experiencia para evaluar los hallazgos y evitar errores al interpretarlos. Por ejemplo, muchas imágenes normales se confunden con frecuencia con variantes anatómicas que son normales pero que simulan enfermedades.<sup>12</sup> Las estaciones de trabajo con PACS facilitan al radiólogo la revisión e interpretación de estudios en un sitio y, con la aplicación de la telerradiología,



enviar las imágenes a otros monitores dentro del hospital o a estaciones remotas; esta ventaja se aprovecha con frecuencia en departamentos de radiología en horas y días no hábiles en los que por lo general hay menos radiólogos, se utiliza también para interconsultar a radiólogos subespecializados.

Debido a la alta tecnología con la que está involucrado el radiólogo enfoca y ocupa mucho del tiempo de sus actividades en las estaciones de trabajo, ahí revisa, procesa e interpreta estudios, con mucha frecuencia no ve al paciente, solamente las imágenes que, después de ser interpretadas, quedan disponibles para su consulta. Esta situación ha conducido a considerar al radiólogo como un especialista *invisible*.<sup>13</sup> Es necesario contrarrestar esta invisibilidad porque despersonaliza y con ello contraviene el principio de la relación médico-paciente. El radiólogo debe interactuar más con los pacientes, sus familiares y con los médicos tratantes para conocer más sobre la enfermedad de los pacientes que atiende y para que se integre en forma más estrecha con la atención médica; no debe ser considerado únicamente como un experto en interpretar imágenes.<sup>14</sup> También es necesario que el radiólogo se involucre en actividades institucionales como las sesiones académicas y los comités hospitalarios.

La radiología se ha transformado de su objetivo inicial que era el diagnóstico, actualmente también tiene amplias implicaciones terapéuticas, lo que explica el desarrollo tan importante que ha tenido la radiología intervencionista. Lo anterior se debe en parte a los nuevos aparatos de diagnóstico por imagen, al diseño de nuevo instrumental y de catéteres, los que ahora son muy flexibles, delgados, maniobrables y, además, fáciles de colocar por vía vascular o endoluminal; facilitan la introducción de medios de contraste y además productos citostáticos para quimioterapia o material embólico para

cohibir hemorragias o la circulación de tumores malignos, también se usan para la colocación de endoprótesis (*stents*). Los radiólogos intervencionistas participan en muchos procedimientos que antes requerían cirugía; ahora, con catéteres con globo, realizan angioplastias de vasos con estenosis que comprometen a diferentes órganos. Adicionalmente, por vía percutánea es posible hacer drenajes, derivaciones y procedimientos de termoablación. Debe considerarse que en el futuro esta especialidad será de mayor utilidad, en la era de la medicina genómica y molecular, ya que muchos tratamientos consistirán en la introducción de sustancias dirigidas, por vía endoluminal o endovascular, directamente al órgano o tejido afectados.

La radiología en México tiene antecedentes históricos de más de 100 años, ha tenido una evolución que ha permitido constituir sociedades y colegios en casi todos los estados de la República. Desde 1971 estas instituciones se unieron en la Federación Mexicana de Radiología e Imagen. En ese mismo año se constituyó el Consejo Mexicano de Radiología e Imagen que, desde entonces, certifica los conocimientos y la calidad profesional de los radiólogos.

Muchas de las sociedades organizan espléndidos programas de educación médica continua en donde participan profesores nacionales y muchas veces extranjeros; en ellos se imparten temas de actualidad que apoyan a los radiólogos mexicanos a tener vigencia en sus conocimientos. A estos eventos asisten siempre un buen número de residentes.

Muchos radiólogos en esas sociedades han contribuido y apoyado a las autoridades sanitarias, por ejemplo a elaborar las normas oficiales mexicanas de protección radiológica y las correspondientes al funcionamiento de los departamentos de radiología que, en conjunto, garantizan la calidad de los servicios y la segu-

ridad tanto para el personal ocupacionalmente expuesto como para los pacientes.

Los departamentos de radiología, en especial los que tienen una infraestructura de alta tecnología, por el alto costo de adquisición, de mantenimiento y de los recursos humanos para operarlos, solamente existen en instituciones hospitalarias públicas o privadas de alta complejidad, que también con frecuencia son las que están vinculadas con actividades académicas y de investigación.

La práctica de la radiología se ha transformado, progresivamente, en una actividad empresarial en la que las inversiones se deben recuperar en el menor tiempo posible; esto ha conducido a nuestra especialidad hacia lo que se llama la comoditización de los servicios: este término financiero se refiere a ofrecer servicios (en este caso de radiología e imagen) al menor costo posible.<sup>15</sup> Esta situación es preocupante porque puede comprometer la calidad de los servicios y, más grave aún, acentúa la despersonalización de la atención médica de los radiólogos, situación que también contraviene la relación médico-paciente, lo que en cierta forma vulnera los principios de ética y de profesionalismo.<sup>16,17</sup>

La formación de radiólogos ha tenido una evolución favorable en México, ahora los programas de posgrado incluyen conocimientos más amplios, en especial los de física, anatomía patológica, anatomía seccional, estructural, fisiología, fisiopatología e informática médica; dentro de las destrezas necesarias se han establecido amplios programas de radiología intervencionista. En varios centros ahora también se imparten los fundamentos de la medicina molecular, lo que permite que los residentes puedan estudiar y evaluar imágenes anatómicas y funcionales. De tal importancia es lo mencionado que el programa vigente de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica de la Facultad de Medicina de la

UNAM fue revisado en el año 2009 y ya incluye conocimientos de medicina nuclear y de imagen molecular.<sup>18</sup>

Por otra parte, en varias universidades ya existen sedes que ofrecen cursos de alta especialidad que permiten a los radiólogos subespecializarse, las que tienen mayor demanda son las de neuroimagen, radiología pediátrica, de cabeza y cuello, de mama y la intervencionista. En los últimos años cada vez más radiólogos se interesan en los programas que incluyen imagen molecular, los que únicamente se pueden ofrecer en las instituciones que incluyen en su infraestructura departamentos de medicina nuclear y de tomografía por emisión de positrones combinada con tomografía convencional.

Debemos reconocer que en México aún persiste una disparidad y falta de homogeneidad en los programas de posgrado; influyen la infraestructura instalada, los campos clínicos y la preparación del radiólogo como docente. Actualmente muchos de los radiólogos que son profesores titulares o adjuntos están a cargo de los programas de posgrado pero carecen de formación docente. Una dura realidad que debemos afrontar es la falta de radiólogos interesados en la docencia, lo que debe considerarse como un verdadero reto a resolver en las próximas décadas; el presente y el futuro inmediato obligan a tener radiólogos docentes de alto nivel académico.

Hasta aquí se ha resumido cómo es y cómo ha evolucionado la práctica de nuestra especialidad en las últimas décadas. La radiología moderna requiere ahora, y con mayor razón en el futuro próximo, de tecnología de avanzada y de radiólogos con formación de alto nivel, muchas habilidades y que además tengan un muy claro sentido del profesionalismo médico. Existen ya muchas publicaciones en donde se describen los retos en el futuro para mantener a la radiología



como una especialidad que contribuya en la atención médica de alta calidad.<sup>1,19</sup>

En materia educación las facultades de medicina públicas y privadas deberán revisar y actualizar los programas de posgrado para que los radiólogos, al terminar sus estudios, tengan los conocimientos y habilidades suficientes que garanticen una práctica radiológica moderna, ampliamente participativa y eficiente. La responsabilidad y compromiso de los radiólogos será enorme en la medicina integrada.

Es necesario aumentar el número de programas de posgrado de radiología registrados en las universidades; en el Consejo Mexicano de Radiología e Imagen hasta la fecha solamente se tienen registrados cincuenta programas de posgrado, muchos cuyas sedes tienen infraestructura deficiente. Es necesario, además, ampliar estos programas y las sedes en donde se imparten, junto con cursos de alta especialidad que permitan formar subespecialistas, los que cada vez se requerirán en mayor número para cumplir con los requerimientos y las expectativas epidemiológicas del país, que cada vez tendrá mayor número de instituciones médicas de alto nivel.<sup>1,20,21</sup>

Será fundamental promover y sensibilizar a los radiólogos, en especial a los recién egresados, a interesarse y a participar en actividades docentes; se les deberá permitir que asistan a programas formales de pedagogía, lo que les facilitará comprender y aplicar la educación moderna que incluye los nuevos conceptos de educación de por vida y la educación del adulto (*life long and adult learning*)<sup>19,22</sup> que contemplan la utilización de tecnología y herramientas electrónicas que faciliten al alumno una formación sólida y concordante con la medicina moderna, debe incluir conocimientos básicos y otros como bioinformática, medicina celular, molecular y genómica.

Se ha demostrado en los países altamente industrializados cómo la investigación ha sido esencial para el desarrollo de la especialidad de radiología e imagen; el concepto de *medicina traslacional* cada vez tiene más presencia ya que permite que los resultados de la investigación biomédica y preclínica puedan ser trasladados hacia la práctica de la radiología clínica moderna;<sup>23</sup> por ello también es fundamental fortalecer la investigación biomédica en la especialidad de radiología e imagen que en México actualmente es escasa.

Hace varios años el entonces director de los institutos de salud de Estados Unidos, el radiólogo Zerhouini,<sup>24</sup> consideraba que la investigación haría que en el futuro próximo la medicina fuera predictiva, preventiva, personalizada y participativa, la denominó medicina P4.

*Medicina predictiva* porque existen importantes diferencias entre los individuos que los hacen tener distinta sensibilidad a desarrollar enfermedades; por ejemplo, es bien conocido que fumar puede hacer daño, sin embargo la mayoría de los fumadores no desarrollarán enfisema ni cáncer pulmonar; lo mismo puede decirse de individuos con niveles altos de colesterol, cifras que han demostrado ser un factor de riesgo para enfermedad cardiovascular severa, sin embargo, muchos pacientes que lo tienen alto no sufren un infarto, seguramente lo anterior será previsible por pruebas diagnósticas de genética, en donde la imagen molecular tendrá una amplia participación.

*Medicina preventiva.* En este sentido tenemos el ejemplo de la mamografía de escrutinio que ha influido de forma importante en la detección temprana del cáncer mamario, pero también otros métodos de imagen contribuyen en la medicina preventiva, muchos son de revisión médica (*check up*), por ejemplo radiografías de tórax, ultrasonido de próstata o de órganos genitales femeninos.

*Medicina personalizada.* Es un nuevo concepto que se fundamenta también en las diferencias genéticas del individuo. Se ha estudiado que la manifestación de una enfermedad puede variar de persona a persona y se ha podido demostrar que algunos tipos de cáncer de mama, en algunas pacientes, no progresan a una etapa agresiva; inclusive han sido llamadas seudoenfermedades.<sup>25</sup> En cambio, en otras, los tumores se activan y evolucionan en forma muy rápida a estadios avanzados, por ello será de mucha importancia el conocer los códigos genéticos que apoyarán el diagnóstico temprano de la enfermedad y además permitirán prever la evolución que tendrá.

*Medicina participativa.* La globalización y el acceso a numerosas fuentes médicas escritas y electrónicas como el internet han demostrado que el paciente tiene más conocimiento de sus enfermedades, sus formas de diagnóstico y de sus tratamientos, pero también de los riesgos que pueden tener y de alternativas que existen para el manejo de su padecimiento, por ello se interesan y demandan una mayor participación en las decisiones médicas.

La medicina P4 se fundamenta en la demostración de cambios estructurales, celulares o subcelulares, así como de alteraciones de procesos fisiológicos dentro de la llamada imagen molecular. Los estudios de imagen permiten ahora (y con mayor razón en el futuro) guiar procedimientos intervencionistas para tratamientos complejos que muchas veces deben hacerse por vía intraluminal o intravascular. La imagen será espacial en 5 dimensiones, además de las 3 dimensiones conocidas se agregarán tiempo y función.

Programas muy sofisticados de tipo CAD (*Computed Aided Diagnosis*) facilitarán al radiólogo demostrar imágenes pequeñas y difíciles de ver. Otra innovación que ya tiene amplia investigación es el tratamiento de lesiones por medio del

ultrasonido focalizado de alta densidad (*High-intensity focused ultrasound*, HIFU) utilizado especialmente para la destrucción de neoplasias focales.

Los agentes teragnósticos ya mencionados han sido motivo de amplias investigaciones, son sustancias que tienen doble función: por una parte se utilizan como agentes de contraste útiles para el diagnóstico pero también tienen la cualidad de ser utilizados también como agentes terapéuticos; por lo general son introducidos como nanopartículas dirigidas a un blanco biológico en donde se van a anclar o alojar y, al activarse por ciertos tipos de energía emitidos por aparatos, primero se activan como agentes de contraste y después se transforman (por otro tipo de energía dirigida) en agentes terapéuticos, como por ejemplo partículas de óxido de hierro superparamagnético (SPIO).<sup>7,19,23</sup>

También está en desarrollo la llamada imagen óptica, capaz de medir la actividad metabólica en células cancerosas de neoplasias malignas superficiales de mama; con ella, es incluso posible demostrar subtipos celulares. Esta tecnología se basa en la observación de las alteraciones de la actividad metabólica que pueden indicar cáncer, la utilización de coenzimas marcadas que emanan fluorescencia a la exposición de ciertas formas de luz permite distinguir o diferenciar células cancerosas. También se puede demostrar de manera muy temprana la respuesta a los tratamientos.<sup>26</sup>

La radiología se está transformando progresivamente en una especialidad empresarial o corporativa debido a que es imposible financiarla en forma individual,<sup>27,28</sup> solamente las instituciones públicas y privadas estarán en posibilidad de sufragar los altos costos de inversión y de operación; sin embargo, es necesario reconocer que estas empresas requieren de la asesoría de radiólogos competentes que puedan apoyar





en que se cumplan las regulaciones sanitarias y en especial el aseguramiento de la calidad y la seguridad del departamento. Los conocimientos del radiólogo serán esenciales para la formación de otros radiólogos y para promover la investigación en la especialidad, también serán consultores de la administración para las adquisiciones más convenientes de equipo e instrumental radiológico.

Las regulaciones sanitarias vigentes obligan a que las instituciones de salud públicas y privadas estén certificadas por el Consejo de Salubridad General, quien a su vez requiere que los médicos que laboran en ellas tengan la certificación correspondiente. En nuestra especialidad el Consejo Mexicano de Radiología e Imagen debe continuar como la institución responsable de certificar a los radiólogos generales, pero también a los subespecializados asegurando, con rigurosos exámenes, que tengan los conocimientos y habilidades adecuadas, para esto el consejo debe estar vinculado con los departamentos de posgrado de universidades públicas y privadas, retroalimentándose de la información necesaria para que los programas permitan formar mejores radiólogos. Los objetivos de todos los consejos (y por lo tanto los del nuestro) deben ser cumplidos con radiólogos de reconocida integridad, vinculados con la docencia y con conocimientos amplios de didáctica educativa; deben ser de preferencia profesores titulares o adjuntos. Para lo anterior es necesario que el consejo de la especialidad esté distante de los intereses personales o de que se pretenda politizarlo al asociarlo con otras instituciones con objetivos diferentes. El consejo debe estar integrado por radiólogos de reconocida integridad, vinculados con la docencia, de preferencia como profesores de cursos de posgrado o de programas de alta especialidad con reconocimiento universitario.

Desde hace dos años la Secretaría de Salud, la Secretaría de Educación Pública y el Consejo

Nacional de Ciencia y Tecnología establecieron el Programa Nacional de Posgrado de Calidad que permite que las especialidades médicas que cumplan con rigurosos lineamientos, se registren en este programa que asegura una mucho mayor calidad de los especialistas que egresan, es necesario que este estándar se generalice a todos los programas.

La medicina corporativa o empresarial también puede ser un factor muy importante que contribuya a despersonalizar a la medicina en general y a la radiología en particular. Los médicos tratantes, ante la nueva tecnología, esperan ver la información clínica, los exámenes de laboratorio, las imágenes de endoscopia, de cirugía y las provenientes de los departamentos de radiología directamente en sus consultorios, en los monitores situados adyacentes a la cama del paciente, en sus tabletas electrónicas o computadoras portátiles.<sup>19</sup> Es fácil comprender que esto conduce a una comunicación endeble entre radiólogos y clínicos. Para contrarrestar esta situación es necesario que los radiólogos busquen mecanismos para no perder la relación con los pacientes y con sus familiares (cuando el caso lo amerite) pero también con los médicos tratantes ya que en conjunto se otorga una medicina más integrada y beneficiosa para el paciente. El radiólogo debe tratar de conocer los datos clínicos más importantes del paciente que estudia y si es necesario analizar con el médico tratante opciones para un estudio idóneo que contribuya al diagnóstico e inclusive recomendar alternativas de tratamiento realizados, cuando sea conveniente, por el radiólogo intervencionista. Lo complejo de la medicina moderna así lo requiere y con mayor razón la del futuro. Esta comunicación entre médicos está contemplada como uno de los preceptos fundamentales del profesionalismo médico que establece que, entre otros puntos, la amplia comunicación entre médicos, pacientes y familiares permitirá una atención médica eficiente, segura y humana.<sup>29,30</sup>

Este principio ha sido analizado junto con otros conceptos con mucho interés por radiólogos de reconocido prestigio, por instituciones de nuestra especialidad. En el 2012 la Sociedad de Radiología de Norteamérica (RSNA) y la Sociedad Europea de Radiología (ESR) difundieron un programa denominado *Radiology Cares* en el que recomiendan a los radiólogos tener una mayor interrelación con los pacientes, con los familiares, con los médicos tratantes y con el equipo de salud que atiende al paciente, recomiendan en general una atención más personalizada.<sup>30,31</sup>

El futuro de la radiología es motivo de preocupación, ya existen muchas publicaciones que lo analizan y que consideran que su práctica será un verdadero reto que involucra aspectos científicos, tecnológicos, de educación, económicos, administrativos, éticos y investigación biomédica; será un verdadero desafío lograr que los radiólogos adquieran profundos y amplios conocimientos, competencias y destrezas, todo enmarcado en una práctica médica ética, con alto sentido de profesionalismo y humanismo.<sup>17,22,29,31</sup>

Los doctores Bruce J. Hillman y Jeff C. Goldsmith, en su libro *The Sorcerer's Apprentice*,<sup>19</sup> en el capítulo del Futuro de la Imagen Médica, hacen el siguiente relato, que está resumido en esa publicación y que da una visión de lo que será nuestra especialidad en un par de décadas más:

Es el año 2036 una paciente aparentemente sana, de 46 años de edad, entra al Departamento de Radiología para su revisión anual. El personal a cargo de un sofisticado equipo de imagen que se llama Omniscient le aplica una mascarilla a través de la cual le suministra un gas inerte e inodoro, un agente de contraste molecular que permite evaluar el riesgo genómico de

la paciente. El agente inhalado pasa al torrente sanguíneo y se adhiere a secuencias genéticas de algunos núcleos de células del cuerpo de la paciente e identifica una lesión que predispone a un tipo de cáncer de páncreas muy agresivo. Al terminar esta fase que dura alrededor de quince minutos se logra demostrar el riesgo genético de la paciente, el gas introducido se metaboliza y se excreta por la respiración.

Poco después se le administra a la paciente un segundo gas que se dirige, específicamente, a la superficie de receptores de células metabólicamente hiperactivas, las imágenes que se empiezan a registrar permiten ver una lesión submilimétrica en la cola del páncreas; esta demostración se apoya por medio de un programa de un sistema muy avanzado de CAD (*Computed Aided Diagnosis*). El aparato Omniscient emite una serie de pulsos de radiofrecuencia dirigidos al páncreas que permiten que la lesión puntiforme sea demostrada en color rojo muy brillante que representa al tumor en una fase muy temprana. El aparato, ahora con otro tipo de energía, transmite una energía diferente, pulsada, que es dirigida exactamente a la anomalía demostrada; el agente de contraste molecular adherido a las células cancerosas se transforma entonces en una molécula de efecto terapéutico. A estas moléculas duales: diagnósticas y terapéuticas, se les denomina teragnósticas. La molécula desencadena la apoptosis, muerte celular programada que va a destruir específicamente las células marcadas, el tejido restante normal no es afectado. Al terminar el estudio la paciente sale curada de una enfermedad que treinta años antes se consideraba, invariablemente, fatal.

Aunque esta narración es de ciencia ficción (por ahora) mucho de lo mencionado tiene sentido ya que actualmente en muchos centros con





gran infraestructura tecnológica y con amplios programas de investigación en desarrollo, los radiólogos especializados ya trabajan en ese sentido.

Por todo lo descrito nace una pregunta: ¿estamos seguros de que en México, en las próximas décadas, estaremos en posibilidad de afrontar estos desafíos? La respuesta es compleja, depende de muchos factores, algunos son externos como el relacionado con el desarrollo del país, pero otros son absolutamente dependientes de los radiólogos, de sus conocimientos, de su participación en la investigación, de sus destrezas y de su profesionalismo. Es necesario que en forma propositiva se vinculen los intereses y objetivos de las instituciones de radiología que existen en el país, sociedades y colegios estatales, la Sociedad Mexicana de Radiología, la Federación Mexicana de Radiología e Imagen, el Consejo Mexicano de Radiología e Imagen y también el Colegio Nacional de Médicos Especialistas en Radiología e Imagen, una radiología unida es esencial para que con altos estándares de profesionalismo y humanismo se puedan afrontar los desafíos descritos en un mundo globalizado y con una medicina con tendencias a ser empresarial.

## REFERENCIAS

1. McCall Iain. The future role of radiology in healthcare. European Society of Radiology. Insights into Imaging, Enero 2010.
2. Dena Espinoza EJ, Rodríguez Nava P y cols. Capítulo: Imagen Molecular. Medios de Contraste e Imagen Molecular, Ciudad de México: Trillas 2012.
3. Rupert K et al. Exploring lung function with hyperpolarized 129-Xe magnetic resonance. Magn Reson Med J 2004;51:676-686.
4. Hamoui N, Gates Lb, González J. Radioembolization of renal cell carcinoma using Yttrium 90 microspheres. J of Vascular and Interv. Radiology 2013;24:298-300.
5. Paño BB, Sebastia CC. Metastatic Renal cell carcinoma: radiologic findings and assessment of response to targeted antiangiogenic therapy using multidetector CT. Radiographics 2013;33:1691-1716.
6. Fabien Emmetiere, Chistopher Irwin, Thomas Reiner. F-Labeled-Bioorthogonal Liposomes for in vivo targeting. Bioconjugate Chem 2013;24:1784-1789.
7. Islam T. Joseph S. Current state and future applications of active targeting in malignancies using super paramagnetic ion oxide nanoparticles. Cancer Blomark 2009;5:99-107.
8. John M. Hoffman and Sanjiv S. Gambhir. Molecular Imaging: The vision and opportunity for radiology in the future. Radiology 2007;244:39-47.
9. Smith GS, Thrall JH. Subspecialization in radiology and radiooncology. J Am Colleg 2009;23:203-211.
10. Liebscher L, Sheram C. The General Radiologist in the 21st Century. J Am Coll Radiol 2012;9:554-559.
11. Levin GD. Turf wars in radiology: updated evidence on the relationship between self-referral and the over utilization of imaging. J Am Coll of Radiol 2008;5(7):806-810.
12. Keats TE, Anderson MW. Atlas of Normal Variants that may simulate disease. Ed. Mosby 9th Edition. Saunders 2013.
13. Gary M. Glazer, Julie A. Ruiz-Wibbelsmann. The invisible radiologist. Radiology 2011;258:18-22.
14. Douglas Maynard. Radiologists: Physicians or expert image interpreters? Radiology 2008;248:(2)333-336.
15. Krestin A. Commoditization in Radiology: threat or opportunity. Radiology 2008;248:333-336.
16. Ramírez-Arias, JL, Ocampo Lujano, R, Rodríguez Weber, F. Profesionalismo en medicina. Acta Médica Grupo Ángeles 2008;6:133-137.
17. Bruce J. Hillman. Ethical Radiologic Practice. J Am Coll Rad 2011;8(12):818.
18. Programa Único de Especialidades Médicas de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica 2009. División de Postgrado, Facultad de Medicina. UNAM.
19. Hillman J. Bruce Goldsmith CJ. The Sorcerer's Apprentice. How Medical Imaging is Changing Healthcare. Ed. Oxford 2011:197-229.
20. Ronald Arenson, N. Reed Dunnick. Training a Better Radiologist. Journal of the American College Radiology 2006;3(5)389-393.
21. Laret MR. Academic Medicine in the 21st Century. J Am Intern Med 2013;173(18):1739-1741.
22. Collins J. Education Techniques for Life long learning. Radiographics 2004;24:1483-1489.
23. Hillman BJ, Neiman HL. Translating molecular imaging research into radiological practice-proceedings. Am College of Radiol. Colloquium. Radiology 2002;222:19-24.
24. Zerhouni EA. Major trends in the imaging sciences. 2007 Eugene P Pendergrass. New Horizons Lecture. Radiology 2008;249:403-409.
25. Wegwarth O. Giserenzer G. Overdiagnosis and over-treatment. Disponible en: [www.diagnosticimaging.com/practice/management/patientsawareofoverdiagnosis](http://www.diagnosticimaging.com/practice/management/patientsawareofoverdiagnosis).

26. Herranz M, Ruibal A. Optical imaging in breast cancer diagnosis. The next evolution. *J of Oncology* 2012; Art. ID 863 747.
27. Otero HJ, Rybicki EJ. Twenty years of cost effectiveness analysis in medical imaging, are we improving? *Radiology* 2008;249:917-924.
28. Hoffman JM. Regulatory and reimbursement challenges of molecular imaging. *Radiology* 2007;245:645-660.
29. Brant-Zawadzki MN. Radiologists Urged to Make Service Personal and Patient-Centered. Disponible en: [http://www.rsna.org/Publications/rsnanews/March-2008/urged\\_feature.cfm](http://www.rsna.org/Publications/rsnanews/March-2008/urged_feature.cfm)
30. Brant-Zawadzki MN. Patient centered Radiology, use it or lose it. *Academic Radiology* 2009;16(5):521-523.
31. Saurabh Jha, William Boonn. Patient-Centered Imaging: Opportunities and Challenges. *J Am Coll Rad* 2012;9(3):157-159.

Ramírez Arias JL  
Director Médico  
Hospital Ángeles Pedregal.