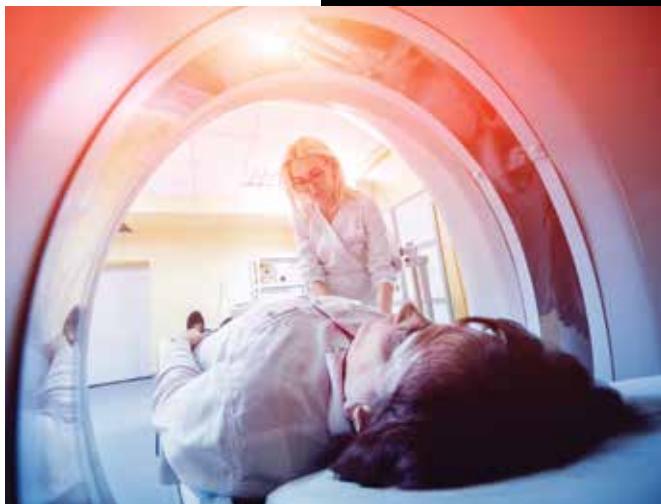


Radiología e imagen

José Luis Ramírez Arias^{a,}*



Resumen

Se dice que una imagen dice más que 1,000 palabras y el Dr. Ramírez-Arias se ha dedicado a ahorrar palabras y nos acompaña en un recorrido por la historia de su especialidad. Recorre los avances tecnológicos y sus descubridores, merecedores de Premios Nobel. En la lectura vislumbramos el perfeccionamiento de herramientas y las técnicas radiológicas e imagenología. Ahora el radiólogo extendió su mirada hacia la intervención y hacia una imagenología molecular que avanza vertiginosamente y que ofrece un campo poco explorado para los médicos que se están formando y buscan un campo de desarrollo, tanto en una especialidad médica como en la posibilidad de aportar conocimiento a través de la investigación.

Palabras clave: Radiología, rayos X, historia médica en México, imagenología.

Director Médico. Hospital Ángeles del Pedregal. Ciudad de México, México.

*Correspondencia: jlramirez.arias@saludangeles.com

Recibido: 28-septiembre-2018. Aceptado: 05-noviembre-2018.

Radiology and image

Abstract

People say that a picture is worth a thousand words and Dr. Ramírez-Arias has dedicated his life to save up words and he now joins us for a walk along the history of his specialty. He revises those who discovered some radiologic techniques and were awarded with the Nobel Prize. While reading, we visualize an improvement of the tools in radiologic and imageologic techniques. Nowadays the radiologists are extending their views to molecular imagenology which has developed rapidly and that offers to the new physicians a field of opportunities with the possibility to produce new knowledge by doing research besides their work as specialists in image.

Key words: Radiology, X-ray, medical history in Mexico, imagenology.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El 8 de noviembre de 1895, el profesor de física y director del Instituto de Física de la Universidad de Würzburg, Alemania, Wilhem Conrad Röntgen



Figura 1. Wilhem Conrad Röntgen

(figura 1), al estudiar los rayos catódicos en tubos al alto vacío de los que existían entonces, que eran tipo Lennard o Hittorf Crookes, descubrió los rayos X y realizó la primera radiografía, que corresponde a la mano de su esposa, la Sra. Bertha Ludwing. Por desconocer qué tipo de energía se había producido, la denominó rayos X, y publicó el artículo “Una nueva clase de rayos” en la revista *Ueber eine neue Art von Strahlen (Vorläufige Mittheilung)*.

Por este descubrimiento, en el año 1901 se le otorgó el primer Premio Nobel de Física al profesor Wilhem Conrad Röntgen^{1,2}.

En México, el 25 de febrero 1896, es decir 2 meses después del descubrimiento de los rayos X, llegó a San Luis Potosí el primer tubo de rayos X,

y el Dr. Antonio F. López publicó en el periódico *El Estandarte* los principios físicos de los rayos X, el artículo se llamó “Un descubrimiento maravilloso”.

En la ciudad de México, en octubre de 1896, en el Hospital de San Pablo –ahora Hospital Juárez–, el Dr. Tobías Núñez tomó la primera radiografía: era del antebrazo de una mujer con secuelas de trauma. Un año después, en 1897, el Dr. Amador Zafra alumno de la Escuela de Medicina escribió su tesis excepcional con el tema “Algunas aplicaciones de los rayos X a la cirugía y a la medicina”.

El Hospital General de México se inauguró en 1905 ya con el Departamento de Mecanoterapia, que incluía entre sus equipos un aparato de rayos X; el jefe del departamento era el Dr. Roberto Joffre^{1,3,4}.

El desarrollo tecnológico de la radiología ha sido sorprendente y varios de sus descubridores e investigadores han sido merecedores de premios Nobel. El ya mencionado al físico Guillermo Conrado Röntgen, en 1901, por el descubrimiento de los rayos X; a Henry Becquerel, Pierre y Marie Curie en 1903, por sus contribuciones en la radioactividad, entre otras, el descubrimiento del radium (polonio, en honor del país de nacimiento de María Curie); a Godfrey Hounsfield y Alan Cormack, en 1979, por la invención de la tomografía computada, y a Paul Lauterbur y Raymond Damadian, en 2005, por sus contribuciones para el desarrollo de la resonancia magnética¹.

EVOLUCIÓN DE LA RADIOLOGÍA EN MÉXICO

El diagnóstico de muchas enfermedades se apoya en los diferentes métodos de imagen, por muchos años en el siglo XX solo fueron los rayos X, pero desde 1970 se introdujo el ultrasonido, y años después la tomografía computada y la resonancia magnética (figuras 2, 3, 4). La especialidad de Medicina Nuclear también se incorporó a los procedimientos de imagen.

Las instituciones médicas, del segundo y tercer nivel de atención médica, públicas y privadas, por lo general cuentan en sus departamentos de radiología con equipos de radiología general, simples y con fluoroscopía, mastógrafos, aparatos de ultrasonido convencionales y Doppler, equipos de tomogra-



Foto: Autor del artículo

Figura 2. Radiólogo realizando un ultrasonido

fía computada de alta resolución y de resonancia magnética, y muchos tienen posibilidades para reconstrucción tridimensional de las imágenes. Los aparatos de hemodinamia, por su alto costo, están más restringidos, y cuando existen son utilizados por radiólogos y cardiólogos intervencionistas.

Los estudios de gammagrafía se obtienen con aparatos de medicina nuclear, requieren el uso de radioisótopos (que son substancias producto de la fisión nuclear), tienen vida media muy corta y se producen en los equipos que se llaman ciclotrones, que permiten la aceleración de partículas como los electrones. Los estudios de gammagrafía se obtienen introduciendo por vía endovenosa radioisótopos diversos que después de concentrarse en un órgano emiten dosis mínimas de radiación, que es detectada y transformada digitalmente en imágenes por los aparatos de medicina nuclear; dependiendo del

radioisótopo injectado pueden estudiarse muchos órganos, entre otros: tiroides, pulmón, riñón e hígado y vías biliares. Esta tecnología ha incluido a la tomografía por emisión simple de positrones (SPECT por sus siglas en inglés) que es una tecnología compleja de la medicina nuclear. A estos aparatos se les pueden acoplar equipos de tomografía computada para hacer estudios de tomografía por emisión de positrones-tomografía computada (PET/TC) (**figuras 5 y 6**) o de resonancia magnética y producir estudios de PET/RM.

Las imágenes de medicina nuclear y de PET/TC son imágenes que se llaman *funcionales*, son diferentes a las obtenidas con aparatos de radiología, ultrasonido, tomografía computada o resonancia magnética, los que producen imágenes morfológicas en conjunto han conformado la denominada imagen molecular.



Foto: Autor del artículo

Figura 3. Paciente atendida en un equipo de tomografía computada

En México existen cerca de 50 equipos de PET/TC, entre otros el de la Facultad de Medicina de la UNAM, que además cuenta con un ciclotrón para producir radioisótopos¹.

La radiología intervencionista es una subespecialidad en que se utilizan técnicas de imagen para ejecutar procedimientos de invasión mínima, algunos son solo diagnósticos, pero muchos ya son terapéuticos.⁵ Por medio de agujas o catéteres introducidos percutáneamente a venas y arterias se puede pasar medio de contraste yodado y realizar angiografías de grandes vasos como la aorta, y la cava, pero también de la mayoría de las ramas de muchos órganos. El manejo terapéutico permite también por vía vascular introducir medicamentos como sustancias vasoconstrictoras para el manejo de vasos sanguíneos del tubo digestivo, o microémbolos para la embolización de tumores vascularizados o de

malformaciones vasculares difíciles de resecar. También es posible la introducción de micropartículas radioactivas directamente a los vasos que irrigan un tumor, o la utilización de la radiofrecuencia para la ablación neoplásica.

La angioplastia forma parte de los tratamientos modernos endovasculares, se fundamenta en la introducción de catéteres con balones inflables en la punta, por lo que es posible dilatar una arteria estenosada o colocar prótesis intravasculares (*stents*).

La radiología intervencionista extravascular tiene muchas indicaciones: entre otras, permite la realización de biopsias de diferentes órganos dirigidas por ultrasonido o tomografía computada (TC), también es posible el drenaje de abscesos y colecciones hemáticas, y por vía endoluminal se pueden dilatar conductos estenosados de vías biliares o ureteros^{1,2}.



Foto: Autor del artículo

Figura 4. Equipo de resonancia magnética

La educación en la especialidad de Radiología e Imagen se ha modificado acorde con lo que podría llamarse de los rayos X a la imagen molecular, lo que ha obligado a los radiólogos a mantenerse actualizados por medio de cursos y programas de educación médica continua. Aun así, la imagen molecular, que está en una gran etapa de desarrollo y para la que existen complejos programas de investigación, obliga a los radiólogos a profundizar aún más sus conocimientos en física, biología molecular, medicina genómica, biomarcadores, bioinformática, nanotecnología e innovaciones diagnósticas y terapéuticas, lo que se ha traducido en la necesidad de que los radiólogos se subespecialicen debido a los complejos conocimientos que se requieren para dar una atención médica radiológica de calidad.

En los departamentos modernos de radiología que están digitalizados existen *softwares* que permi-

ten la teleradiología, que se utiliza para interconsultas a distancia de las imágenes obtenidas lo que es muy valioso en casos complejos o en departamentos con limitación del número de radiólogos. También se utiliza esta tecnología como herramienta electrónica de la educación médica continua^{1,2}.

EL FUTURO DE LA RADIOLOGÍA

A los estudiantes de Medicina que deberán decidir sus intereses profesionales al término de la carrera les es útil saber que la especialidad de la radiología es un verdadero nicho de oportunidad, lleva ya varios años de cambios muy importantes y estos con seguridad van a seguir en aumento. En el país existen alrededor de 5,000 radiólogos, número insuficiente para la población nacional; además, la evolución tecnológica, científica y médica los obliga ahora a adquirir amplios conocimientos de fisiopatología,



Foto: Autor del artículo

Figura 5. Equipo de medicina nuclear SPECT

fisiología celular y bioinformática; deben interesarse en investigaciones que se están llevando a cabo en imagen molecular como puede ser la óptica y la espectroscopía con tecnología de Raman's⁶, las que permiten, por ejemplo, interaccionar moléculas y “ver” con imágenes funcionales la composición química de algunas células y tejidos. Al participar en la investigación tendrán la oportunidad de comprender la importancia de la medicina translacional, que regula científicamente que todos los productos de la investigación, como los descritas anteriormente, se trasladen a la práctica clínica diaria⁷.

En la próxima década con seguridad se producirán aparatos de radiología, ultrasonido, tomografía computada, resonancia magnética y especialmente equipos de PET más sensibles y de mayor resolución que muestren imágenes que faciliten el diagnóstico de diferentes enfermedades en etapa preclínica o

a nivel celular, por ejemplo, con el ultrasonido se pueden activar, por medio de la nanotecnología, microburbujas introducidas y dirigidas a objetivos anatomoceculares específicos⁸.

Otro ejemplo es la utilización de las nanopartículas superparamagnéticas de óxido de hierro, que se activan por resonancia magnética después de haber sido introducidas por vía endovascular, para fines diagnósticos al poder “iluminar” ganglios muy pequeños en caso de metástasis, las que serán más fáciles de diagnosticar y de tratar en sus etapas iniciales⁹.

Otras investigaciones exitosas son la inhalación de gases nobles polarizados, utilizados como agentes de contraste útiles para demostrar algunos tipos de enfermedades pulmonares.

Los contrastes llamados dinámicos que están en estudio se utilizarán en un futuro para evaluar



Foto: Autor del artículo

Figura 6. Radiólogos interpretando un estudio de PET-TC

los flujos vasculares de los tumores por medio de la espectroscopia de la resonancia magnética, lo anterior en conjunto con los cambios bioquímicos que se estudian por PET con radiotrazadores dirigidos a sitios específicos como marcadores tumorales para la evaluación del paciente oncológico, con esta tecnología será posible demostrar cambios celulares o tisulares como la angiogénesis y el incremento en el metabolismo celular por medio de la glucosa marcada con fluorodesoxiglucosa (FDG). La captación de este radioisótopo es mayor en los tejidos con un metabolismo alto, como la tienen los tumores malignos, sin embargo, estos hallazgos son inespecíficos, ya que otras enfermedades también tienen un consumo alto de glucosa, entre otros los procesos inflamatorios y los infecciosos; por ello la investigación está dirigida a encontrar radioisótopos más específicos como la fluorotimidina, el fluoro-

misonidasol y la metionina, varios de ellos capaces de diferenciar la apoptosis o muerte celular programada de la anoxia por células dañadas por tumor¹⁰.

Un destacado radiólogo norteamericano, el Dr. Elías A. Zerhouni, distinguido por sus importantes contribuciones a la investigación en radiología, dirigió por varios años los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos y en sus presentaciones y escritos hacía referencia a que la Medicina se fundamenta en lo que él llama *medicina P4*: predictiva, personalizada, preventiva y participativa¹¹.

Para apoyar a la medicina P4 los estudios de radiología e imagen contribuyen a evaluar alteraciones anatómicas, cambios a nivel celular, alteraciones metabólicas y fisiopatológicas, evaluar o medir la actividad o inactividad de una enfermedad o neoplasia, y por ello *predecir* qué individuos son susceptibles de desarrollar ciertas enfermedades o

tipos de cáncer y detectarlas en forma temprana, estadiificarlas y discernir el tratamiento de elección.

Un ejemplo de que no todas las enfermedades se comportan igual, es que la mayoría de los fumadores no desarrollarán cáncer de pulmón, con seguridad debido a su constitución genética, sin embargo, el individuo deberá considerarse con riesgo y por ello se debe tratar de *predecir* que pueda desarrollarlo, los estudios de imagen pueden apoyar esta predicción, y de ser positiva, proponer alternativas de tratamiento y evaluar la respuesta como método de control.

La medicina *personalizada* se fundamenta en las diferencias genéticas del individuo, ya que una enfermedad puede variar de persona a persona, por ejemplo, algunos tipos de cáncer de mama no progresan a una etapa agresiva, inclusive se han llamado pseudoenfermedades; en cambio, otros tumores se activan y evolucionan en forma muy rápida a estadios avanzados, el conocimiento del paciente se hará por sus códigos genéticos y con esta información la imagen apoyará el diagnóstico temprano.

La prevención se realiza ya desde hace varios años, ejemplo de lo anterior son los programas de detección oportuna de cáncer de mama por medio de mastografía o la evaluación de arterioesclerosis periférica o carotidea por ultrasonido, durante estudios de revisión clínica (*check up*).

La cuarta premisa del Dr. Zerhouni es la medicina *participativa*: el paciente, de acuerdo a sus derechos, compara y evalúa los servicios y los médicos que le garanticen una mejor solución a sus problemas de salud; lo anterior, obtenido de la información que recaba en fuentes médicas electrónicas dirigidas a la población.

La investigación está sometida a regulaciones sanitarias que también tendrán influencia en su desarrollo por las implicaciones legales y de bioética con las que están íntimamente vinculadas, debemos recordar, además, que todo producto de la investigación va a requerir ser trasladado a las fases de aplicación clínica con humanos y por ello la medicina traslacional tendrá una gran importancia⁷.

Lo anterior es un verdadero desafío en la práctica médica y es necesario vencer las adversidades, por ello la especialidad de Radiología e Imagen tiene

la oportunidad de contribuir y participar en una atención más integral y más eficiente en beneficio del paciente. El compromiso y responsabilidad del radiólogo será enorme. Como corolario debemos considerar que los radiólogos tienen mucho que ofrecer a la medicina moderna por ser expertos en informática médica, en complejos métodos de diagnóstico que incluyen a la imagen molecular, también en contribuir al manejo de pacientes por medio de la radiología intervencionista; sin embargo, para fortalecer la comunicación con los clínicos el radiólogo deberá participar en actividades hospitalarias, como los comités hospitalarios, pero también debe tener intereses docentes y de investigación. ●

REFERENCIAS

1. Santin GG, Ramírez Arias JL. Desarrollo de las especialidades médicas en México, imagenología diagnóstica y terapéutica en desarrollo de las especialidades médicas en México. México: Secretaría de Salud, FACMED UNAM y Academia Nacional de Medicina. Editorial ALFIL; 2012, capítulo 21, p. 187-96.
2. Ramírez Arias JL. De los rayos X a la imagen molecular. Editorial del suplemento Radiología e Imagen en Oncología Acta Médica Grupo Ángeles. 2016;14, Supl. 1:55-6.
3. Loyo GG. La llegada de los rayos X a la República Mexicana. Depto. de Historia y Filosofía de la Medicina de FACMED UNAM. 10/Junio/94. Disponible en: http://www.facmed.unam.mx/_gaceta/gaceta/jun1097/rayos.htm
4. Villanueva B. Datos para la historia de la radiología en México. Rev Mex Radio. 1969;23(5-6):259-74.
5. Roesch J, Kaufman JA. The birth, early years and future of intervention radiology. J Vasc Intervention Radiol. 2003; 14:841-53.
6. Zavaleta CL. Raman's "effect" on molecular imaging. J Nucl Med. 2010;52:(12):1839-44.
7. Hillman BJ, Neiman HL. Translating molecular imaging research into radiological practice. Proceedings of the American College of Radiology Colloquium. Radiology. 2002;222:19-24.
8. Hwang M, Lyshchik A. Molecular sonography with targeted microbubbles: current investigations and potential applications. Ultrasound Q. 2010;26(2):75-82.
9. Islam T, Joseph S. Current state and future applications of active targeting in malignancies using super paramagnetic iron oxide nanoparticles. Cancer Biomark. 2009;5:99-107.
10. Hillman JB, Goldsmith CJ. The Sorcerer's Apprentice. How medical imaging is changing healthcare. 1st Ed. New York: Oxford University Press; 2011. p.197-229.
11. Zerhouni EA. Major trends in the imaging sciences. 2007 Eugene P Pendergrass New Horizons Lecture. Radiology. 2008;249:403-9.