

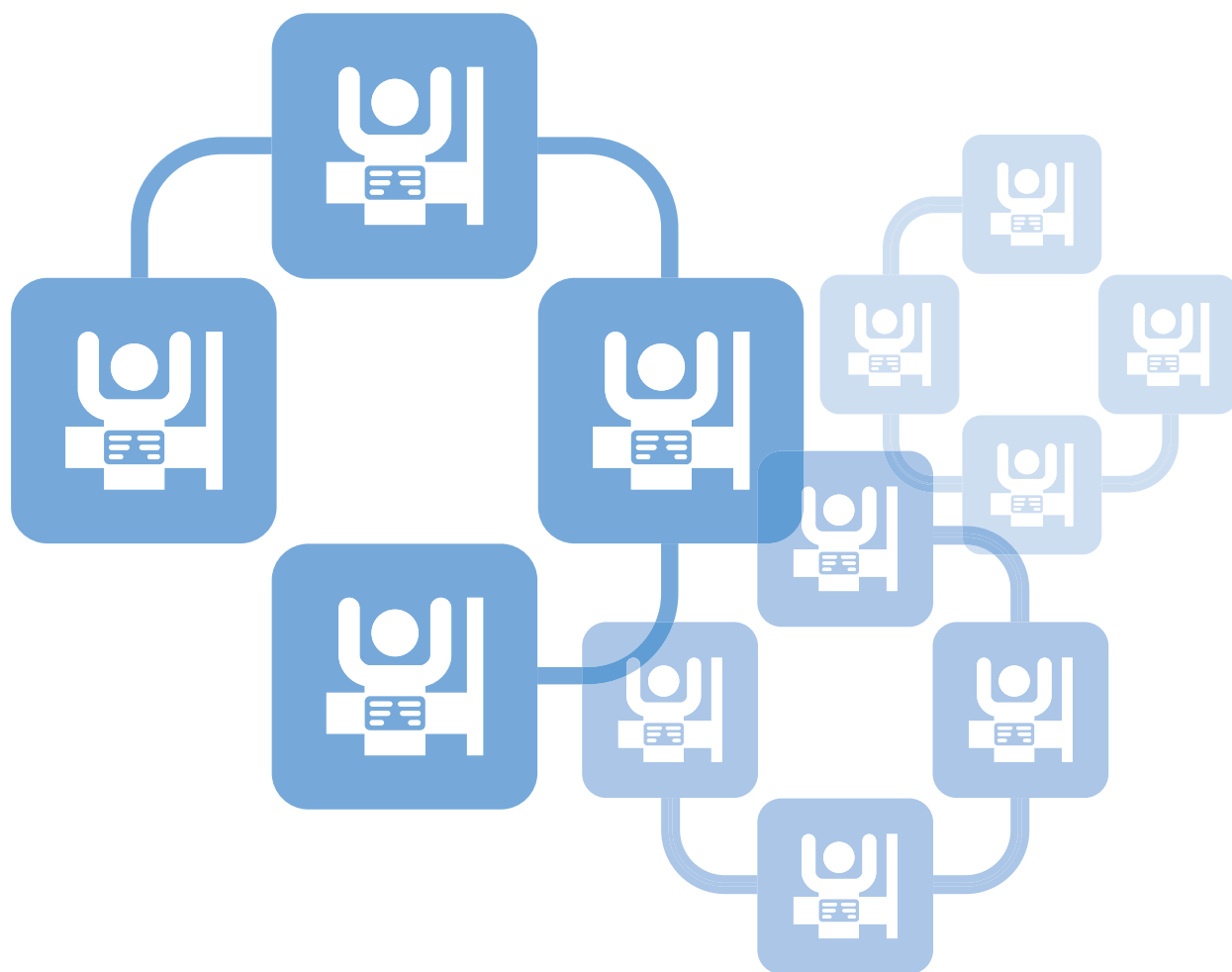
Radiología convencional: las bases del procedimiento radiológico

Módulo

I

Coordinador:

P. Borrego Ruiz



Capítulo 1. Introducción a la radiología y técnica radiográfica. Historia de la radiología

Capítulo 2. Rayos X: generalidades

Capítulo 3. La producción de rayos X: generadores y tubos

Capítulo 4. Registro de la imagen: películas, pantallas e intensificadores de imagen

Capítulo 5. El procesamiento de las imágenes. Calidad de la imagen radiográfica. Radiación dispersa

Índice de contenidos

- Introducción
- Antecedentes histórico-científicos
- Röntgen y el descubrimiento de los rayos X
- Impacto médico y social del descubrimiento
- Primeras aplicaciones médicas y avances posteriores
- La especialidad hoy
- Técnicos de radiología

Al terminar este capítulo, el lector debe ser capaz de:

- Revisar los antecedentes científicos que permitieron el descubrimiento de los rayos X.
- Conocer la figura de W. C. Röntgen y el descubrimiento de los rayos X.
- Valorar el impacto global que tuvo este avance científico.
- Entender la evolución de las principales aplicaciones médicas de las exploraciones radiológicas.
- Conocer las señas de identidad que definen la especialidad de la radiología actual.
- Valorar el papel y la evolución histórica de los técnicos de radiología.

Introducción a la radiología y técnica radiográfica.

Historia de la radiología

P. Borrego Ruiz y P. Borrego Jiménez

● INTRODUCCIÓN

La radiología, radiodiagnóstico o diagnóstico por la imagen, que por todas estas denominaciones se la conoce, aunque sea la primera la que más nos guste, es una especialidad médica ya centenaria, aunque muy joven si la comparamos con otras disciplinas clínicas. Se inicia, como es lógico, con el descubrimiento de los rayos X por Röntgen y se ha ido desarrollando a la luz de todos los avances tecnológicos que siguieron a este gran hito científico. Hoy en día la radiología se entiende como la especialidad médica cuyo fin es el diagnóstico o el tratamiento de procesos patológicos mediante la utilización de métodos de imagen basados en radiaciones ionizantes u otras fuentes de energía. Es una especialidad de referencia que proporciona servicios de consulta a otros especialistas médicos. Para llegar a la situación actual, se han dado muchos pasos, unos grandes, otros de menor importancia, aunque lo que resulta hoy en día incuestionable es que los rayos X han modificado de forma radical y desde muy poco tiempo después de su descubrimiento la práctica de la medicina, de tal manera que en prácticamente todos los procesos patológicos se recurre de una u otra forma a los estudios de imagen.

El trabajo del radiólogo está casi siempre precedido por la labor del técnico, que es quien obtiene las imágenes adecuadas para la lectura posterior por parte del radiólogo. De la excelencia de ambos depende el resultado final. Los avances técnicos, como la digitalización de la imagen, el posproceso en los estudios de tomografía computarizada o de resonancia magnética, han motivado nuevos cambios en los quehaceres de los técnicos de radiología: no sólo se encargan de obtener unos buenos estudios, sino de aprovechar todas las herramientas informáticas disponibles para mejorar las exploraciones y aumentar al máximo las posibilidades diagnósticas de las diferentes técnicas.

La **radiología** es la especialidad médica cuyo fin es el diagnóstico o el tratamiento de enfermedades mediante la utilización de métodos de imagen basados en radiaciones ionizantes u otras fuentes de energía.



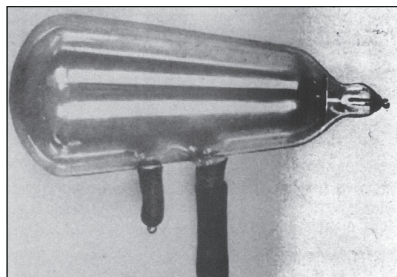
El trabajo del **radiólogo** está casi siempre precedido por la labor del **técnico**, que es quien obtiene las imágenes adecuadas para la lectura posterior por parte del radiólogo. De la excelencia de ambos depende el resultado final.



● ANTECEDENTES HISTÓRICO-CIENTÍFICOS

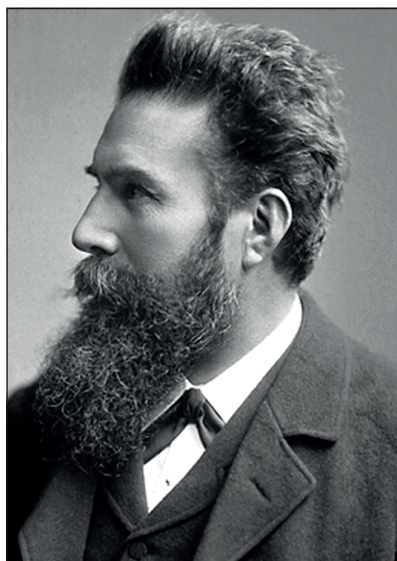
Los grandes descubrimientos científicos no surgen «de la nada», sino que son consecuencia de multitud de trabajos previos que, por así decirlo, preparan el camino y proporcionan las herramientas necesarias para seguir avanzando. Los antecedentes de los rayos X hay que buscarlos, por tanto, en los conocimientos de los que disponían los investigadores de finales del siglo XIX, en los campos de la electricidad, el magnetismo y el vacío y en los progresos de la fotografía. Los descubrimientos de Faraday, Volta, Oersted, Ohm y tantos otros eran bien conocidos por los científicos de esta época, entre ellos, por supuesto, Röntgen.

De hecho, en los años precedentes los físicos estaban muy interesados en conocer el paso de la corriente eléctrica a través de los gases, por lo que se diseñaron tubos con distinto grado de vacío para su estudio. A través de ellos se generaban descargas eléctricas, analizando la luz que se producía. Se había comprobado que en la región opuesta al cátodo aparecía una mancha fluorescente, cuyo color variaba según el gas que estaba introducido dentro del tubo. Esta mancha se podía mover al aplicar un campo



▲ **Figura 1-1.** Reproducción de un tubo de Hittorf, de los usados por Röntgen en Wurtzburgo, en cuyo Instituto de Física se conserva.

Las investigaciones previas al descubrimiento de los rayos X se centraban en el estudio de la **corriente eléctrica** a través de gases encerrados en tubos con distintos grados de vacío en su interior.



▲ **Figura 1-2.** Wilhelm Conrad Röntgen, hacia 1900.

magnético cercano. Hittorf, uno de los creadores junto con el británico Crookes de los tubos de vacío (**Fig. 1-1**), observó que colocando un obstáculo frente al cátodo se producían sombras regulares en la zona de fluorescencia. Estos rayos, que Goldstein propuso llamar *rayos catódicos*, se propagaban pues en línea recta. Los científicos no se ponían de acuerdo sobre la naturaleza de los rayos: frente a la tesis corpuscular de Crookes, que defendía que los rayos eran partículas, los alemanes Hertz y Lenard sostenían que eran ondas, como la luz, ya que podían atravesar delgadas placas metálicas.

● RÖNTGEN Y EL DESCUBRIMIENTO DE LOS RAYOS X

Wilhelm Conrad Röntgen nace en 1845 en la pequeña localidad alemana de Lennep (en esa época perteneciente al estado de Prusia), hijo único de una familia acomodada. Su padre, próspero fabricante y comerciante de tejidos, librepensador, decide, por razones políticas, trasladarse junto con su familia a Holanda, de donde es originaria su mujer. En este ambiente crece Röntgen. Debido a un absurdo incidente escolar, al negarse a delatar a un compañero que había hecho una caricatura de uno de los profesores, no sólo fue expulsado de la escuela, sino que este asunto, años más tarde, imposibilitó su ingreso en la universidad local. Tuvo pues que realizar sus estudios de ingeniería, matemáticas y dibujo mecánico fuera de Holanda, concretamente en Zúrich. En 1868 recibe su diploma de Ingeniero Mecánico y comienza a trabajar con su maestro Kundt en la cátedra de Física de Wurtzburgo.

En 1879, acepta la cátedra de Física en la Universidad de Gissen. Nueve años después, se le ofrece la cátedra en la universidad en la que había trabajado a las órdenes de su maestro. Tras 6 años de intensos trabajos en electricidad, gas y tubos de vacío en Wurtzburgo, es nombrado rector de esta universidad (**Fig. 1-2**). Muy poco tiempo después, en 1894, en un discurso para conmemorar el 312º aniversario de la universidad, el recién nombrado rector W. C. Röntgen pronuncia la siguiente cita: «A menudo la naturaleza deja aparecer en las cosas más banales fenómenos asombrosos, que sin embargo tan sólo son reconocidos por aquellos que con sagacidad y con sentido creado para la investigación toman consejo de la experiencia, preceptor de todas las cosas...».

Estas palabras de Athanasius Kircher, uno de los científicos más importantes del siglo XVII, resultarían proféticas tan sólo 1 año más tarde, con el descubrimiento de los rayos X, a la vez que ponen el acento en la característica principal de todo científico: la observación de los hechos y la búsqueda de una explicación lógica y coherente de éstos.

Röntgen utilizaba tubos de Hittorf-Crookes o el modificado por Lenard que permitía que los rayos emitidos por el electrodo negativo o cátodo, los ya conocidos rayos catódicos, salieran del tubo, en una distancia muy corta, atravesando una delgada capa de aluminio (**Fig. 1-3**).

En la tarde del 8 de noviembre de 1895, Röntgen trabajaba con el tubo de Hittorf cubriéndolo con una capa de cartón negro para evitar la fluorescencia que se producía en las paredes de vidrio del tubo por la acción de los rayos catódicos. Vio que cuando hacía pasar la corriente por este tubo, se iluminaba intensamente un cartón impregnado en platino-cianuro de bario presente en la mesa de trabajo. Esta sustancia era conocida por la intensa fluorescencia amarillo-verdosa que producía. Alejó aún más la placa y comprobó que se seguía iluminando al conectar el tubo. No podía ser debido a los rayos catódicos, pues era sabido que se atenuaban a pocos centímetros del tubo de Lenard. Siguió haciendo varias pruebas, interponiendo todo tipo de materiales. Para Röntgen estaba claro que lo que emitía el tubo era un nuevo tipo de radiación de naturaleza desconocida, de ahí la denominación elegida por él de *rayos X*, totalmente distinta de los rayos catódicos: no eran desviados por un campo magnético y no eran detenidos por la mayoría de los cuerpos opacos, sino que como mucho eran atenuados, dependiendo del espesor del cuerpo interpuesto. Comprobó además que las placas fotográficas dentro de su caja estaban totalmente veladas, intuyendo de forma genial que la nueva radiación había actuado también sobre la emulsión fotográfica. En esto se diferenciaba de otros colegas, que antes que él habían comprobado este efecto pero no se habían cuestionado el porqué. Siguió días de intensa actividad con todo tipo



de pruebas, hasta que el 22 de diciembre de 1895 pidió a su mujer, Bertha, que colocara su mano sobre una placa fotográfica de cristal: al cabo de quince largos minutos allí estaba, sobre la placa, el esqueleto de la mano de Bertha con su anillo de casada (Fig. 1-4).

En estas casi 12 décadas de vida de la radiología, se ha escrito mucho acerca del papel del azar, de la pura casualidad, en el descubrimiento de Röntgen, o por usar un término procedente del inglés, de la *serendipia* (alusión al cuento de Walpole *Los tres príncipes de Serendip*, que en sus viajes descubrían cosas que no buscaban). Se ha visto, por el contrario, aunque de manera muy resumida, el largo camino recorrido por gran cantidad de científicos hasta la obtención de los rayos X, y cómo este hecho fue fruto del trabajo preciso, de la observación y la experimentación cuidadosas. Como dijo Pasteur, «cuando se trata de observación, la suerte sólo favorece a las mentes preparadas».

● IMPACTO MÉDICO Y SOCIAL DEL DESCUBRIMIENTO

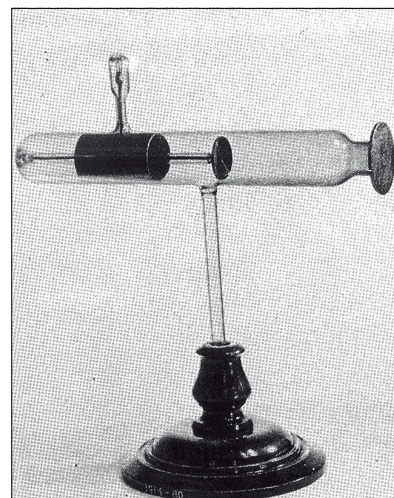
El descubrimiento de los rayos X, al contrario de otros descubrimientos científicos, tuvo una rápida difusión internacional y un enorme impacto popular. Röntgen tuvo la idea de publicar sus primeras conclusiones en las actas de la Sociedad Físico-Médica de Wurtzburgo días antes de exponerlas verbalmente en una conferencia a los miembros de dicha sociedad. Todos los suscriptores de estas actas recibieron en los primeros días del año siguiente, 1896, copias de este trabajo preliminar, por lo que la difusión en el mundo científico fue enormemente rápida.

En los últimos años del siglo XIX, sin medios de comunicación verdaderamente masivos, es llamativo el enorme impacto que tuvo el descubrimiento no sólo en el mundo médico, sino entre la gente corriente. No sólo atrajo la atención de médicos e ingenieros, sino de comerciantes y de charlatanes: la idea de «ver el interior de los cuerpos» despertó el interés científico, pero también el espíritu comercial de muchos aventureros. Como ocurre con frecuencia, la imaginación de un entusiasta editor periodístico (cuyo hijo, profesor de física, le comunicó días antes el descubrimiento de Röntgen) se hizo realidad pocos meses después con las primeras radiografías sobre pacientes. Lo cierto es que, gracias a este periodista, la noticia se extendió por las agencias y en los primeros días del nuevo año 1896 los principales diarios europeos y americanos destacaban la noticia del descubrimiento con mayor o menor seriedad.

En España, el acontecimiento también se reflejó en la *Ilustración española y americana*, en su número de enero de 1896, en un precioso artículo, «La luz del Dr. Röntgen». Pocos días después, en la misma revista, el futuro premio Nobel José Echegaray, en el artículo «Lo visible y lo invisible», escribía: «Ya las sombras no son un misterio: hay una luz —que es sombra también— que nos va a hacer visibles los más ocultos senos de las tinieblas. Y la imaginación se echa a volar y forja un nuevo mundo, acertando acaso algunas veces, rozando otras veces con lo imposible, pero llevando siempre en sus fantásticas alas matices de esperanza».

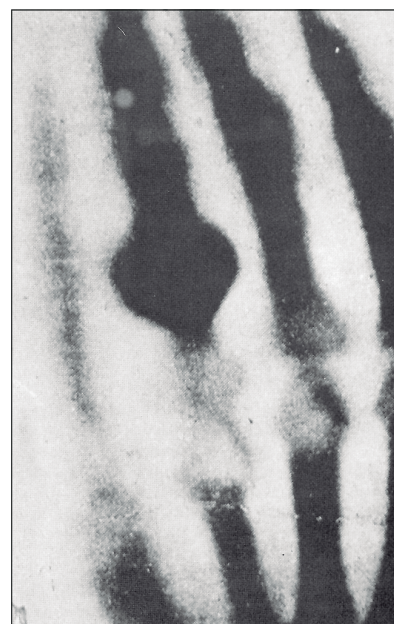
Curiosamente, frente a estas opiniones entusiastas y hasta poéticas, también se alzaron voces críticas, incluso desde la propia profesión médica, algunas con evidente falta de visión de futuro, como la del catedrático de Medicina de Madrid, el profesor Letamendi, que compara el procedimiento con «artes de picardía y chifladura», llamándolo «arte de ejecutar sombras chinescas sin candil». Tampoco parecía nada convencido el profesor Royo Villanova, cuando afirmaba: «ni los rayos X acusan una novedad tan grande como se cree, ni mucho menos representan en la medicina un descubrimiento tan útil como se piensa. Porque no pueden abrigarse esperanzas de obtener retratos del cerebro dentro del cráneo, de los pulmones dentro del tórax y de las vísceras abdominales dentro de la pelvis. Tales exageradas ilusiones son propias de algunos espíritus cándidos y excesivamente creyentes». Muchos médicos, metidos a adivinos cuando emplean sus conocimientos en pronosticar el «futuro», hacen el ridículo más espantoso.

Röntgen, al igual que Louis Pasteur con ocasión de las vacunas, se negó a obtener beneficio comercial alguno de su descubrimiento, ya que era de la opinión de que los



▲ **Figura 1-3.** Reproducción de un tubo de Lenard, también utilizado por Röntgen. Nótese cómo a diferencia del tubo de Hittorf, éste dispone de un pequeño disco de aluminio que cierra la parte anterior del tubo.

Los **rayos X** fueron descubiertos por W. C. Röntgen en los últimos meses de 1895.



▲ **Figura 1-4.** Reproducción de la radiografía de la mano de Bertha Röntgen, con su anillo de bodas. Probablemente sea la primera radiografía realizada sobre sujeto vivo por el propio Röntgen.



▲ **Figura 1-5.** En esta reproducción se ve a Edison mirando a través de su radioscopio la mano de su ayudante Dally, el cual, debido a las múltiples exposiciones no controladas, fue una de las primeras víctimas de los excesos de las radiaciones ionizantes.

descubrimientos científicos pertenecen a la humanidad. Edison, en cambio, siguiendo su olfato comercial, intentó obtener la patente, y al no conseguirlo construyó su propio aparato de fluoroscopia, o *criptoscopia*, y lo presentó en la Exposición Nacional de Electricidad de Nueva York, en marzo de 1896, como si se tratara de una barraca de feria: los asistentes podían ver su cuerpo a través del nuevo ingenio. El ayudante de Edison, Dally, empezó a sufrir lesiones en la piel de la mano, con graves quemaduras, lo que provocó la amputación de la extremidad y finalmente su muerte a los pocos meses: fue una de las primeras víctimas de la radiación (**Fig. 1-5**). A él le siguieron muchos de los pioneros de la radiología de distintos países.

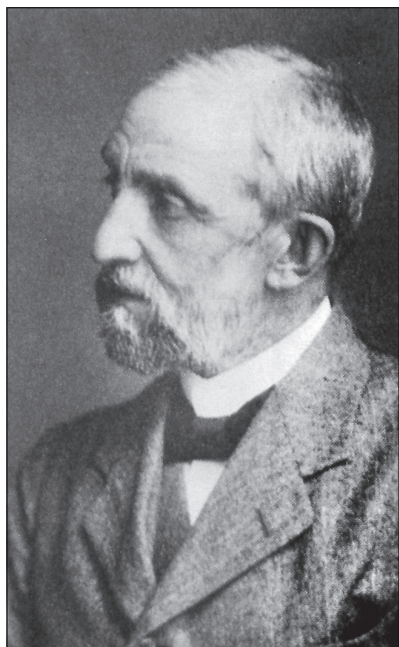
Se vivió en todo el mundo una auténtica «fiebre Röntgen», que convirtió el nuevo avance científico en un espectáculo propio de charlatanes y feriantes. En 1924, algunas zapaterías americanas disponían de un sistema de fluoroscopia o «podoscopio» para comprobar la buena adaptación del zapato al pie del cliente. A principios de los cincuenta, aunque hoy en día parezca increíble, se contabilizaban más de 10.000 de estos aparatos en las tiendas de zapatos de Estados Unidos.

Aparte de estas anécdotas, conviene resaltar el profundo impacto del descubrimiento en el mundo científico: en el año siguiente, 1896, se publicaron más de 1.000 artículos sobre rayos X en las revistas especializadas, además de 49 monografías. Ya en 1897 aparece la primera tesis doctoral sobre la utilidad de los rayos X en medicina. Se crean en todos los países sociedades científico-médicas de radiología, o röntgenología. La Sociedad Española de Electrología y Radiología Médicas se funda el 11 de febrero de 1917 en Madrid.

Uno de los asistentes a la lectura de Röntgen, Henri Becquerel, profesor del Museo de Física de París, que ya había comprobado la impresión de una placa fotográfica con una muestra de uranio, intuyó así la existencia de radioactividad natural, quedando ésta definitivamente demostrada por el matrimonio Curie, abriendo así una nueva rama de investigación, la radioactividad y sus aplicaciones en la práctica clínica, que se vio totalmente revolucionada con la incorporación paulatina pero imparable de las exploraciones radiológicas al proceso diagnóstico.

En la **tabla 1-1** se relacionan los premios Nobel relacionados con la radiología. La lista es cuantiosa, empezando por el propio W. C. Röntgen, que recibió el primer premio Nobel de Física que se instituyó, en 1901, inaugurando así una cadena que, esperemos, siga creciendo para beneficio de todos los pacientes.

Las reacciones de la comunidad científica contemporánea de Röntgen frente al descubrimiento fueron en su mayor parte entusiastas, destacando todos sus colegas el gran trabajo de investigación y la intuición genial de atribuir las nuevas observaciones a la existencia de unas radiaciones de naturaleza distinta. Pero no todos los investigadores fueron tan generosos, sobre todo cuando Röntgen recibe el premio Nobel de manos de la Academia sueca. Su colega, Philippe Lenard (**Fig. 1-6**), creador del tubo de vacío con el que trabajó Röntgen, y que en su día intercambió con él cartas y material científico, por ejemplo, las delgadas capas de aluminio que cerraban la pequeña ventana del tubo, reaccionó con virulencia al conocer la noticia, adoptando una actitud totalmente injusta hacia el físico de Wurtzburgo. Lenard se consideraba «la madre de la nueva criatura», mientras que relegaba a Röntgen al papel de «comadrona». Por supuesto, este último no entró en polémica, y continuó con su trabajo con la seriedad que le caracterizaba. La animosidad de Lenard no disminuyó ni siquiera cuando éste recibió a su vez el premio Nobel, en 1905, por su fundamental aportación al conocimiento de los rayos catódicos. Está visto que la miseria humana también tiene cabida en las grandes mentes científicas.



▲ **Figura 1-6.** Philippe Lenard, hacia 1895. Pasó de ser un colega respetuoso del trabajo de Röntgen a convertirse en su más envidioso contrincante.

● PRIMERAS APLICACIONES MÉDICAS Y AVANCES POSTERIORES

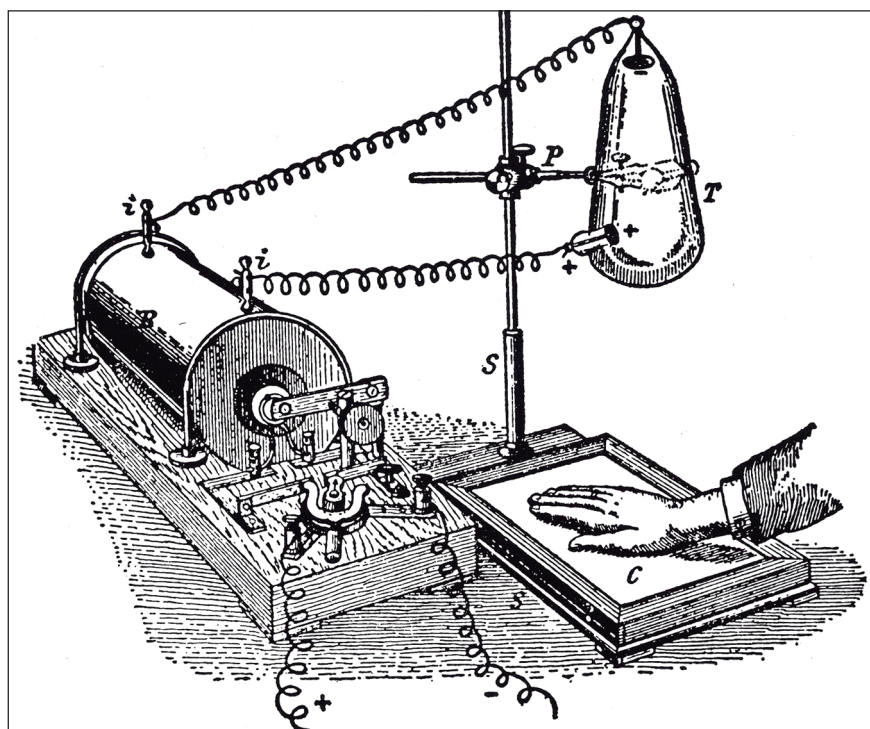
Los primeros avances técnicos se centraron en los tres elementos básicos usados por Röntgen: la generación de corriente inducida, el tubo de Hittorf-Crookes y la pantalla de platino-cianuro de bario (**Fig. 1-7**), además de ampliar el conocimiento de la naturaleza de los rayos X.



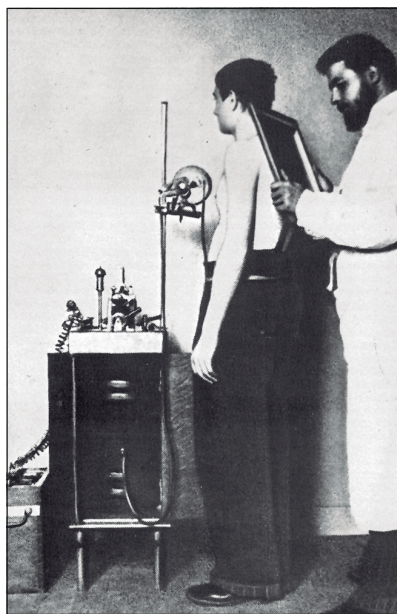
Tabla 1-1. Premios Nobel relacionados con la radiología

Año	Científico/s	Tema
1901	W. C. Röntgen	Descubrimiento de los rayos X
1903	A. H. Becquerel, Pierre y Marie Curie	Radioactividad
1905	P. E. A. von Lenard	Estudio de los rayos catódicos
1906	J. J. Thompson	Rayos catódicos
1911	M. Curie	Descubrimiento del radio
1914	M. von Laue	Espectroscopia de rayos X
1915	W. H. Bragg y W. L. Bragg	Cristalografía de rayos X
1917	C. G. Barkia	Naturaleza de los rayos X
1923	R. A. Millikan	Efecto fotoeléctrico
1924	M. Siegbahn	Espectroscopia de rayos X
1925	J. Franck y G. Hertz	Impacto del electrón sobre el átomo
1946	H. J. Muller	Efecto de los rayos X sobre las células
1949	A. E. Moniz	Angiografía/lobotomía frontal (*)
1952	F. Bloch y E. M. Purcell	Fenómeno de la resonancia magnética
1979	G. N. Hounsfield y A. M. Cormack	Imagen de tomografía computarizada
2003	P. Lauterbur y P. Mansfield	Imagen de resonancia magnética

(*) Moniz descubrió en los años treinta la angiografía cerebral, pero el premio Nobel se le otorgó por la técnica quirúrgica de lobotomía prefrontal.



◀ **Figura 1-7.** Los tres elementos básicos del procedimiento de Röntgen: a la izquierda, el carrete que genera corriente inducida, que está conectado a un tubo de tipo Hittorf enfrente a la placa de platino-cianuro de bario, sobre la que se dispone el objeto que se va a radiografiar.



▲ **Figura 1-8.** Forma de obtener una radiografía hacia 1897. Nótese la ausencia completa de elementos de radioprotección.

De los distintos medios disponibles a finales del siglo XIX para la obtención de fluido eléctrico, Röntgen utilizaba los de corriente inducida, sobre todo diseños mejorados del carrete de Ruhmkorff. Los generadores utilizados por Röntgen suministraban corrientes de pocos miliamperios y voltajes de tan sólo 50 kVp. La mayor potencia de los generadores de rayos X disminuyó ostensiblemente el tiempo de exposición: si Röntgen tardó 15 minutos en obtener la radiografía de la mano de su mujer, en 1903, se redujo el tiempo a 20 segundos y pocos años después a poco más de 1 segundo. En 1907, Snook presentó una fuente de potencia de alto voltaje pero su capacidad superaba la de los tubos de Crookes utilizados por entonces y hubo que esperar al desarrollo de tubos más resistentes, como se verá a continuación, para que se instaurara el transformador de Snook. Muy pronto se consiguió adaptar la corriente alterna del sector urbano de baja tensión, que tras el paso por el transformador se convertía en corriente de alta tensión y de débil intensidad apta para uso en radiología.

En 1913, el ingeniero Coolidge desarrolló un tubo de rayos X de alto vacío con un cátodo incandescente consistente en una espiral de tungsteno alojada en una cápsula que concentraba los electrones. El ánodo estaba formado por un disco de tungsteno de 2 centímetros de diámetro en bisel y con una inclinación de 45 grados, sostenido por un vástago de molibdeno. Posteriormente, se perfeccionó éste envolviéndolo en aceite para disipar el calor y aislándolo en una carcasa metálica. La inclinación del ánodo se cambió a 20 grados para disminuir la superficie de impacto y finalmente se ideó un ánodo giratorio, con lo que la duración del tubo aumentó drásticamente.

Gracias al progreso de la fotografía, se vio que los rayos X alteraban las sales de plata de las placas fotográficas, permitiendo obtener de una imagen latente otra real y duradera.

Al conocer también los efectos nocivos de las radiaciones, se desarrollaron métodos de protección.

Las placas usadas en un principio eran rígidas, consistentes en un vidrio provisto de una capa de bromuro de plata (**Fig. 1-8**). La mejora más notable tuvo lugar con las pantallas de intensificación u hojas de refuerzo, es decir, hojas con alto poder fluorescente bajo la acción de los rayos X, que a su vez impresionaban la emulsión sensible de la placa. Con ello se reducía notablemente la dosis de radiación y se acortaba el tiempo de exposición. El vidrio dejó paso al nitrato de celulosa, barato pero extremadamente peligroso por ser muy inflamable, frente al acetato de celulosa que finalmente se impuso a partir de 1930, tras algunos terribles accidentes. Los chasis que contenían la película y las hojas de refuerzo eran al principio de madera, luego de aluminio y, finalmente, de plástico.

En los primeros años también se dieron pasos importantes en los conceptos hoy totalmente implantados de colimación y filtración. Rollins, dentista de Boston, comprobó que sus imágenes de los dientes eran de más calidad si se restringía el haz de rayos X (colimaba) con una placa de plomo y un orificio central y se colocaba un filtro de aluminio a la salida del tubo de rayos.

La fluoroscopia, inventada como ya se ha dicho por Edison, experimentó un gran avance gracias al tubo de amplificación de luz, que se adaptó en 1950 a los aparatos fluoroscópicos existentes.

A partir de los primeros meses de 1896, las novedades técnicas que fueron apareciendo se multiplicaron de forma exponencial, como se verá, cambiando así el panorama de la radiología hasta nuestros días dando lugar a una especialidad apasionante en continuo cambio y perfeccionamiento. Las primeras aplicaciones fueron la localización de cuerpos extraños metálicos y la detección de fracturas y luxaciones. En la década de 1920 se editaron atlas de radiología ósea de gran calidad. En la misma época, y gracias al interés de los obstetras, los rayos X permitieron, mediante la pelvimetría, conocer el papel de la pelvis femenina en los mecanismos del parto.

El desarrollo científico de la radiología está muy ligado al uso de materiales de contrastes radiológicos, ya sean digestivos o intravasculares. Uno de los primeros en usarse para el estómago fue el bismuto, que dio paso, antes de 1910, al sulfato de bario.

Estas mejoras de los equipos radiológicos propiciaron a su vez el progreso de la radiología torácica, esquelética y digestiva, como se detalla en la **tabla 1-2**.

Los primeros avances en la radiología se centraron en perfeccionar el generador de corriente eléctrica, el tubo de rayos y las placas radiográficas.





Tabla 1-2. Grandes avances y aplicaciones médicas de la radiología

Año	Científico/s	Tema
1896	Poland Williams Hascheck-Lindenthal	Medidas de edad ósea Radioscopia en cardiopatía y derrame pleural Inyección arterial en mano amputada
1897	Thous Roux-Balthazar-Walsh	Pelvimetría Estudios digestivo con contraste de bismuto
1901	Williams	Primer libro de radiología de aparato digestivo
1904	Wulff Shule	Cistografía con contraste Enema opaco
1905	Lichtenberg-Voelcker	Pielografía retrógrada
1910	Bachem-Krause Rindfleish-Le Lourer	Primeros estudios digestivos con sulfato de bario Histerosalpingografía
1913	Salomon	Mamografía
1917	Bocage Dunham	Tomografía Primer libro de radiología de la tuberculosis
1918	Dandy	Ventriculografía-encefalografía aérea
1921	Sicard-Forestier	Mielografía de contraste positivo
1923	Berberich-Hirsch Osborne-Roundtree Fisher Graham-Cole	Venografía Pielografía intravenosa (yoduro sódico) Enema opaco de doble contraste Colecistografía por vía intravenosa
1925	Whitaker-Milliken-Vogt	Colecistografía oral
1927	Moniz	Arteriografía cerebral
1929	Dos Santos Forsmann	Aortografía lumbar-arteriografía periférica Cateterismo cardíaco
1932	Curie-Joliot	Descubrimiento de los isótopos radioactivos
1933	Birchen	Artrografía de doble contraste
1936	Loman-Myeason	Arteriografía carotídea percutánea
1937	Perrier-Segre	Tecnecio-99m
1949	Cassen	Gammógrafo de centelleo lineal
1950	Felson Shirakabe Shigeo-Sotomura-Nimura	Localización de lesiones pulmonares Doble contraste del estómago Eco-Doppler en estudios cardiovasculares
1953	Seldinger	Técnica percutánea con alambre-guía
1956	Baum	Ecografía modo A para globo ocular
1960	Wolfe	Xeromamografía. Patrones mamográficos
1961	Wallace	Linfangiografía
1963	Dodd Kuhl-Edwards Ziedses des Plantes	Localización por aguja de lesiones no palpables de mama SPECT Sustracción
1966	Dahlgreen-Norderstrom	Biopsia con aguja fina
1970	Mobin-Uddin	Filtro de cava
1972	Hounsfield	Prototipo de la empresa EMI de TC cerebral
1973	Ter-Pogossian Lauterbur	PET Primera imagen de RM no clínica
1974	Gruntzig Dotter Okuda	Catéter de balón con doble luz Inyección local de estreptoquinasa en oclusión arterial Aguja de Chiba
1975	Gianturco	Coil de acero
1978	Gruntzig	Angioplastia coronaria
1981		Radiología digital
1990		TC helicoidal

PET: tomografía por emisión de positrones; RM: resonancia magnética; SPECT: tomografía por emisión de fotón único; TC: tomografía computarizada.



En este camino de los avances tecnológicos que han propiciado una especialidad tal como la conocemos hoy, no puede dejar de citarse la incorporación de tres modalidades que se han implantado en las últimas décadas, convirtiéndose en la piedra de toque de todo servicio de radiología moderno: los ultrasonidos o ecografía, la tomografía computarizada y la resonancia magnética.

Como antecedente de los ultrasonidos, debe citarse de nuevo a Pierre Curie, como descubridor del efecto piezoeléctrico, o cambio en la distribución de las cargas eléctricas de ciertos cristales tras un impacto mecánico. También Röntgen participó en los primeros experimentos con ultrasonidos. Las primeras aplicaciones tuvieron más que ver con la actividad militar que con la medicina, como la detección de objetos sumergidos, gracias al sonar y al radar. Tras la puesta a punto de transductores de alta frecuencia, por Langevin y Chilowsky, se van multiplicando las aplicaciones médicas. Si bien la primera, en 1942, consiste en la detección de tumores cerebrales por Dussik, es sobre todo en el campo de la ginecología y obstetricia donde se producen los mayores avances. Hoy en día, pocos órganos escapan al estudio ultrasonográfico, constituyendo una actividad muy importante en el trabajo tanto dentro del hospital como en la práctica ambulatoria.

Al comenzar la década de 1970, el ingeniero británico G. Hounsfield retoma los trabajos del sudafricano Cormack, publicados unos años antes, y describe la tomografía axial computarizada (TAC y posteriormente TC), obteniendo poco después los primeros cortes cerebrales. Ambos investigadores recibieron en 1979 el premio Nobel de Medicina. El primer prototipo, sólo para estudios cerebrales, de la casa EMI, en la que trabajaba Hounsfield, fue instalado en 1972. Se inicia aquí una evolución imparable, que, lejos de eclipsarse por el advenimiento de la resonancia magnética, cobró nuevos bríos con la tecnología helicoidal y más tarde con la TC multidetector.

La llegada de la resonancia magnética a finales de los setenta supuso un nuevo salto cualitativo en los estudios de imagen, que abrían por primera vez la puerta de los estudios no solamente morfológicos, sino también metabólicos, al permitir estudiar el comportamiento molecular de las estructuras. Las bases físicas de la resonancia fueron expuestas independientemente por Bloch y Purcell en 1946, por lo que recibieron el premio Nobel conjuntamente en 1952. Las aplicaciones a la imagen se deben a varios investigadores: por un lado, Ernest y Anderson establecieron las técnicas matemáticas de transformaciones de Fourier; Robert Damadian demostró la posibilidad de diferenciar tejido normal de tumoral gracias a las diferencias en los valores de tiempo de relajación, y a él se debe también la primera imagen de un paciente; Lauterbur, en 1973, ideó los gradientes de campo, permitiendo la localización espacial de la imagen estudiada. Los avances técnicos en estos últimos 30 años han sido verdaderamente espectaculares.

● LA ESPECIALIDAD HOY

La especialidad no era en las primeras décadas del siglo XX tal como se conoce hoy en día, sino que agrupaba disciplinas varias de radioterapia, electricidad, rehabilitación y fisioterapia, además de la radiología puramente diagnóstica. Con el paso de los años y en función de los avances tecnológicos, la especialidad se fue configurando hasta lo que es en la actualidad, una especialidad en continuo cambio. Además de las distintas técnicas derivadas del uso diagnóstico de las radiaciones ionizantes, la especialidad fue incorporando, sobre todo a partir del último cuarto del siglo precedente, técnicas terapéuticas a través de métodos percutáneos en la sala de radiología vascular, desde entonces denominada vascular-intervencionista. Estas técnicas, que en estos últimos años han tomado un gran auge, desplazando a técnicas quirúrgicas más complejas y peor toleradas por el paciente, no dejan de evolucionar tanto en neurorradiología como en otros órganos como sistema digestivo o circulatorio, entre otros, y son tributarias de los avances técnicos en el diseño de diversos dispositivos percutáneos que han ampliado, como se verá en los capítulos correspondientes, el trabajo diario en los servicios de radiología. Si a estos avances se añade la incorporación por parte de los



radiólogos de técnicas diagnósticas que no utilizan radiaciones ionizantes, como la ultrasonografía y la resonancia magnética, tendremos completado el «parque» tecnológico que configura hoy en día el servicio de radiodiagnóstico de un gran hospital moderno y que se resume a continuación:

- Equipos de radiología convencional o general, para obtención de radiografías simples, sobre todo huesos, tórax, columnas y abdomen, tanto para radiología ambulatoria como en pacientes ingresados, y con gran peso en la urgencia.
- Equipos telemandados, para estudios digestivos o urinarios principalmente. Permiten seguir la exploración en tiempo real a través de un monitor de televisión, tras haber administrado generalmente un medio de contraste por vía digestiva o intravascular. De estas imágenes dinámicas se pueden obtener además imágenes fijas, que se incorporan al archivo del paciente.
- Salas intervencionistas, tanto de intervencionismo periférico (circulatorio, digestivo, urinario, etc.) como neurológico, con inyección de medios de contraste y con un tubo de rayos en forma de arco, de gran versatilidad de movimientos y dotadas de gran equipamiento técnico que incluye catéteres de acceso vascular de todo tipo, dispositivos percutáneos, etc.
- Salas de mamografía, es decir, equipos de radiología convencional pero con diseño específico para la obtención de imágenes de la mama.
- Arcos radioquirúrgicos móviles, que se pueden desplazar a los quirófanos u otras salas, para apoyo radiológico en diversos procedimientos de cirugía ortopédica, endoscopias, cirugía vascular, etc.
- Equipos móviles o portátiles para obtención de radiografías simples «a la cabecera del paciente» para aquéllos cuya situación clínica impida trasladarlos a las salas de radiología convencional. De uso corriente en unidades de cuidados intensivos.
- Equipos dentales y podológicos de diseño específico para obtención de imágenes del sistema dental completo como la ortopantomografía o de piezas dentales aisladas, o bien de partes del pie para los equipos de podología.
- Equipo o equipos de tomografía computarizada (TC o escáner). Sala imprescindible en cualquier hospital actual, en el ámbito de la urgencia y también de la consulta ambulatoria, con aplicaciones en todos los órganos de la economía, por lo que suelen existir varias salas: urgencias, neurorradiología, cuerpo, etc. La TC también sirve como guía para múltiples abordajes intervencionistas como biopsias, drenajes y otros tratamientos percutáneos.
- Salas de ultrasonografía o ecografía, habitualmente múltiples, dotadas con distintos tipos de sondas que permiten estudios tanto de órganos superficiales (estructuras musculotendinosas, cuello, globo ocular, genitales externos, etc.) como de órganos profundos (abdomen, pelvis, incluyendo procedimientos intervencionistas). También ofrecen movilidad y se pueden realizar estudios a pacientes críticos en el área de urgencia, asistencia en quirófano, etc.
- Salas de resonancia magnética. La última incorporación técnica de envergadura al trabajo diario en los servicios de radiología y de importancia capital en prácticamente todos los «sistemas», no sólo en neurorradiología, en la que tuvo sus primeras aplicaciones. Requiere un diseño arquitectónico distinto a las salas de radiología habituales, pues ha de albergar un potente imán que suministra un campo magnético de entre 0,5 y 3 teslas, en el que se introduce al paciente.

● TÉCNICOS DE RADIOLOGÍA

El trabajo diario en un servicio de radiodiagnóstico es variado e intenso. Toda esta actividad no se entiende sin la figura del técnico de Radiología, TER o más recientemente TSIDMN, técnico superior en Imagen para el Diagnóstico y Medicina Nuclear. El técnico trabaja codo con codo con el radiólogo formando el núcleo principal de un equipo cohesionado. Para ejercer su trabajo, debe poseer una alta capacitación técnica y de conocimiento. Es el encargado de obtener los estudios radiológicos que



▲ **Figura 1-9.** El Dr. César Pedrosa, hacia 1970.

posteriormente serán informados por el radiólogo; por tanto, el resultado final depende del trabajo de cada uno de ellos por separado. La sintonía entre uno y otro en la sala ha de ser óptima para obtener eficacia y calidad. Otra vertiente fundamental, dado el mundo tecnológico cambiante en el que se mueve el técnico, ha de ser el interés en avanzar en su profesión, en implicarse en una formación continuada que a su vez debe estar convenientemente estimulada por los centros y las asociaciones profesionales.

El desarrollo histórico de la profesión de técnico muestra los mismos «balbuceos» que la del radiólogo y aún queda mucho por hacer, sobre todo en cuanto a reconocimiento de su categoría profesional y a la obtención de mayores cotas de responsabilidad en los servicios en los cuales desempeñan su labor.

Hasta 1961 no se regula por primera vez la actividad de los por aquel entonces «enfermeros especialistas» dedicados a la especialidad de Radiología y Electrología, mediante el Decreto 1153/1961.

Pocos años después, surge la figura del Dr. César Pedrosa (**Fig. 1-9**), artífice del cambio fundamental de orientación de la radiología española, que prácticamente pasa de ser una actividad de «fotógrafos» a una especialidad clínica centrada en la atención y el diagnóstico de los pacientes por medio de los estudios de radiología. Médico internista, pero formado como radiólogo en Estados Unidos, Pedrosa es un ardiente defensor de la formación de residentes y, consciente de la importancia de los «asistentes técnicos» en el funcionamiento de los servicios, no descuida, sino que impulsa la formación de los técnicos en radiología. En 1970, siendo aún jefe del Servicio de Radiología del Hospital Central de Asturias, dicta un curso de 8 meses con objeto de formar y dotar de la cualificación técnica suficiente al personal que con posterioridad pasarían a ser los primeros técnicos en Radiodiagnóstico. Estos cursos formativos los trasladó, mediante charlas-seminarios, a su nuevo destino profesional, el Hospital Clínico San Carlos de Madrid, donde con la entusiasta colaboración de dos de sus primeras ayudantes, Mary Hor y Aurora, quedaron sentadas las bases para crear una escuela para la formación de técnicos especialistas en radiodiagnóstico. Como consecuencia de esta idea se celebra en Oviedo el Primer Congreso Nacional de Técnicos en Radiología, si bien, a la sazón, aun con la formación técnica requerida, carecían de titulación oficial. La escuela del Hospital Clínico San Carlos toma cuerpo legal por imperativo de lo dispuesto en la Orden del Ministerio de Educación de 6 de abril de 1976, que autorizó el funcionamiento de una sección de formación profesional de segundo grado en este hospital, dependiente de su Departamento de Radiodiagnóstico, por considerar que el mencionado centro reunía las condiciones y los requisitos mínimos necesarios para su establecimiento. También lo hicieron en la misma época las escuelas del Hospital Puerta de Hierro y del Hospital Gregorio Marañón (antes Francisco Franco), ambos en Madrid.

La primera promoción de técnicos formada en la Escuela del Hospital Clínico culminó sus estudios en el año 1977 y se incorporó inmediatamente al mercado de trabajo, si bien el Instituto Nacional de la Salud no reconoció, a todos los efectos, esta titulación hasta el año 1984, mediante la Orden de 14 de junio sobre Competencias y Funciones de Técnicos Especialistas en Rama Sanitaria, incorporada al estatuto de personal sanitario no facultativo.

Habrà que esperar a 1995 (Reales Decretos 545/1995 y 557/1995) para una reformulación del título y actualización del currículo de los técnicos, que pasarán a denominarse Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico (TSID). La Ley de Ordenación de las Profesiones Sanitarias de 21 noviembre de 2003 regula también ciertos aspectos, sobre todo en lo referente a los principios generales de delegación. En el año 2014 se publica el Real Decreto 770/2014, de 12 de septiembre por el que se establece el título de Técnico Superior en Imagen para el Diagnóstico y Medicina Nuclear y se fijan sus enseñanzas mínimas. Es evidente que queda mucho por hacer en cuanto a la formación y titulación de los técnicos. Su nivel educativo sigue siendo el de la formación profesional, con una duración de estudios de 2 años, 2.000 horas, lo que supone un estancamiento de la situación profesional con notables diferencias con respecto a otros profesionales del resto de Europa. Este período formativo no ha



aumentado su duración a pesar de la cantidad de avances tecnológicos que se han incorporado al quehacer diario de los técnicos: tomografía computarizada, ultrasonografía, resonancia magnética, por no hablar de todas las modalidades digitales que precisan de técnicas de posproceso. La titulación universitaria, la obtención del «grado», es el objetivo a corto plazo: muchos de los TSIDMN actuales acuden a otros países de Europa para conseguirlo.

● AGRADECIMIENTOS

A María José Lozano, del Hospital Clínico San Carlos, y a Francisco Montes, del Hospital General Gregorio Marañón, por los conocimientos generosamente aportados para configurar la historia de la formación de las escuelas de técnicos de radiología.

Material complementario

- Autoevaluación

