

IMÁGENES DIAGNÓSTICAS: CONCEPTOS Y GENERALIDADES

DIAGNOSTIC IMAGES: CONCEPTS AND GENERALITIES

Ilse Raquel Raudales Díaz¹

RESUMEN

Imágenes diagnósticas son el conjunto de estudios, que mediante la tecnología, obtienen y procesan imágenes del cuerpo humano. Para entender mejor los conceptos básicos y generalidades, se llevó a cabo una revisión de la literatura correspondiente para recopilar información sobre la historia, mecanismos de generación de imagen, términos, indicaciones y contraindicaciones, así como ventajas y desventajas de los estudios por imagen que actualmente se utilizan con mayor frecuencia, como, Rayos X; Ultrasonido; Tomografía Computarizada (TC) y Resonancia Magnética (RM).

Palabras Clave: Diagnóstico por imagen, Ultrasonografía, Imagen por Resonancia Magnética

ABSTRACT

Diagnostic images are the set of studies, that through technology, collect and process images of the human body. To understand the basics concepts and generalities, it carried out a review of relevant literature to gather information about the history, mechanisms of image generation, terms, indications and contraindications, as well as advantages and disadvantages of imaging studies often currently used, these are, X-ray, Ultrasound, Computed Tomography (CT) and Magnetic Resonance (MR).

Keywords: Diagnostic Imaging, Ultrasonography, Magnetic Resonance Imaging

INTRODUCCIÓN

Visualizar el futuro consiste en construir imágenes de cómo éste ocurrirá... Imaginación es el pensamiento a través de imágenes... Por ello el viejo proverbio chino resulta tan apropiado en el área de la Imagenología Médica: *“Una imagen vale más que mil palabras”*. El término imagenología médica se refiere al estudio de imágenes obtenidas del cuerpo humano y la tecnología para su obtención y procesamiento⁽¹⁾.

Las herramientas para la adquisición y el análisis de las imágenes deben dominarse para poder ser entendidas⁽²⁾. La principal función de los estudios de imagen en medicina es proporcionarle al médico la información necesaria para hacer diagnóstico de la enfermedad del paciente y así valorar su respuesta al tratamiento. El abanico de métodos de imagen en medicina es amplio, y dentro de los más utilizados se encuentran los Rayos X, el Ultrasonido, la Tomografía Computarizada (TC) y la Resonancia Magnética (RM).

El propósito de esta revisión es conocer los principios y generalidades de las imágenes diagnósticas que en la actualidad se utilizan con mayor frecuencia, empezando por el recuento de los inicios y progresos que la técnica de rayos X ha tenido a través del tiempo, y continuando con la descripción de los mecanismos, aplicaciones y efectos del Ultrasonido, Tomografía Computarizada y Resonancia Magnética. A continuación se describen cada una de ellas.

Rayos X

El 8 de noviembre de 1895 en la ciudad alemana de Wurzburg se descubrieron los Rayos X, hecho ocurrido cuando el físico Wilhelm Conrad Roentgen al experimentar con un tubo de rayos catódicos cubiertos con papel negro y en una sala oscura, observó que un

¹ Dra. en Medicina y Cirugía General.

papel de platinocianuro de bario, que casualmente se encontraba en la cercanía, se iluminó; a éste tipo de radiación la denominó Rayos X. Este hallazgo es, sin duda alguna, uno de los más grandes acontecimientos en este milenio, fue el inicio de la radiología y sentó las bases para desarrollos futuros⁽¹⁾.

Los Rayos X son un tipo de radiación electromagnética ionizante que debido a su pequeña longitud de onda (1 ó 2 Amperios), tienen capacidad de interacción con la materia. Cuanto menor es la longitud de onda de los rayos, mayores son su energía y poder de penetración. Los componentes fundamentales que conforman el equipo radiológico convencional son: el tubo de Rayos X, el generador de radiación y el detector de radiación. Sin embargo, dependiendo de la aplicación específica se utilizan otros elementos adicionales⁽¹⁾.

La utilidad de las radiografías para el diagnóstico se debe a la capacidad de penetración de los rayos. Los Rayos X son disparados del tubo de rayos hacia una placa y se atenúan a medida que pasan a través del cuerpo de la persona, siendo aquí donde juegan un papel importante los procesos de absorción y dispersión⁽²⁾. En la medida que se interponen diferentes estructuras (entre la placa y el tubo de rayos) los Rayos X logran impactar “menos” en la placa, formando así una imagen “*radiopaca*”. De manera contraria, si la estructura interpuesta deja pasar “más” Rayos X, se formará una imagen “*radiolúcida*”.

Además de los estudios radiográficos convencionales, actualmente se cuenta con la Radiología Digital. Los primeros sistemas de radiología digital presentados por la empresa Fugi en 1981 consistieron en escanear las placas radiográficas convencionales (analógicas) y digitalizar la señal utilizando un convertidor analógico-digital⁽¹⁾.

El término radiología digital se utiliza para denominar a la radiología que obtiene imágenes directamente en formato digital, sin haber pasado previamente por obtener la imagen en una placa de película radiológica. Existen dos métodos para obtener una imagen radiográfica digital: la imagen radiográfica digitalizada y la imagen radiográfica digital; la diferencia entre ambas consiste en que la imagen digitalizada se obtiene mediante el escaneo o la captura fotográfica de la imagen de una placa radiográfica, mientras que la radiografía digital se obtiene mediante la captura digital directa

de la imagen para convertir los Rayos X directamente a señales electrónicas. Las ventajas de la digitalización de las imágenes radican en que estas pueden tratarse, almacenarse y difundirse igual que cualquier otro archivo informativo; los sensores digitales son más eficaces que la película radiográfica, menor dosis de radiación, menor cantidad de material contaminante, ahorro económico en el revelado, entre otros⁽³⁾.

Actualmente existen múltiples aplicaciones e indicaciones de los Rayos X como ayuda diagnóstica en el campo médico. Se destaca su uso en el estudio de los sistemas esquelético, respiratorio, gastrointestinal, urinario y cardiovascular. Las contraindicaciones se centran en el riesgo teratogénico y carcinogénico, por lo que se evita realizar este estudio en mujeres embarazadas (sobre todo primer trimestre) y pacientes pediátricos⁽¹⁾.

Artículos e informes especiales publicados en el año 2006 presentaron la evolución de la protección contra la radiación ionizante. Se dio a conocer que un año después del descubrimiento de los Rayos X (1896), Antoine Henri Becquerel comenzó a explorar otro fenómeno que Marie Curie denominó más tarde “radiactividad”. Ese mismo año se hizo evidente que los Rayos X y la radiactividad causaban daños a la salud, ya que se observaron problemas de depilación, eritemas, quemaduras o muertes prematuras en las personas que empleaban tubos de Rayos X y materiales radioactivos en sus investigaciones⁽⁴⁾.

Las fuentes peligrosas procedentes de los Rayos X utilizados tanto en el radiodiagnóstico como en el tratamiento, producen efectos tanto en el personal de salud como en los pacientes. Los efectos que produce la radiación se agrupan en dos clases: *no estocásticos o deterministas* y *estocásticos*. Los no estocásticos sólo se producen cuando la dosis alcanza un valor umbral determinado, su gravedad depende de la dosis recibida y su aparición es inmediata (ejemplo radiodermatitis, cataratas). Por el contrario, los efectos estocásticos no precisan umbral, la probabilidad de que aparezcan aumenta con la dosis y suelen ser graves y de aparición tardía (ejemplo cáncer radioinducido)⁽⁵⁾. Los riesgos asociados con la exposición a las radiaciones dependen de las dosis de radiación que reciben las personas expuestas. Por lo tanto, para reducir esos riesgos se deben reducir las dosis que se reciben y la exposición innecesaria a las radiaciones.

Ultrasonido

A partir del siglo XVIII se hace notar el ultrasonido como un fenómeno de la naturaleza cuando el biólogo italiano, Lazzaro Spallanzani descubre en el año 1700 la existencia de estas ondas, observando cómo los murciélagos atrapaban sus presas. En la primera mitad del siglo XIX (1803-1853), el físico y matemático austriaco Christian Andreas Doppler presenta su trabajo sobre el “Efecto Doppler” observando ciertas propiedades de la luz en movimiento, que eran aplicables a las ondas del ultrasonido.

En la segunda mitad del siglo XIX los hermanos Pierre y Jacques Curie descubren las propiedades de algunos cristales conocidas como “Efecto piezoeléctrico”, lo cual sirve de base para las diversas utilidades de las ondas del ultrasonido⁽⁶⁾. Terminada la segunda Guerra Mundial comienza el desarrollo de equipos diagnósticos en medicina, cuando grupos de investigadores japoneses, americanos y de algunos países europeos trabajan paralelamente para fabricar los primeros prototipos de equipos de ultrasonido para diagnóstico médico. Luego de varios años de desarrollo, en la década de 1950, el ultrasonido es aceptado por las sociedades médicas como instrumento de diagnóstico en medicina, dando origen a un sinnúmero de trabajos de investigación en distintas áreas de aplicación.

El primer artículo publicado en una revista científica de prestigio, fue en Lancet, en 1958, describió la experiencia en un grupo de 100 pacientes normales y otro grupo con patología abdominal. En esta época los equipos eran de gran tamaño y ocupaban espacios considerables. No existía aún el gel conductor y los pacientes eran sumergidos en un estanque lleno con una solución conductora como el agua y debían permanecer sin moverse durante la adquisición de las imágenes. A finales de la década de 1970 se logran las primeras imágenes en escala de grises, logrando finalmente imágenes en tiempo real de alta resolución⁽⁶⁾.

Los sonidos son ondas mecánicas producidas por la vibración de un cuerpo elástico y propagado a partir de un medio material a través de compresiones y dilataciones de este. El sonido humanamente audible son ondas sonoras consistentes en oscilaciones de la presión del aire, son convertidas en ondas mecánicas en el oído humano y percibidas por el cerebro. El oído humano tiene capacidad para escuchar sonidos con una

frecuencia máxima de 20.000Hz. Los sonidos pueden clasificarse de la siguiente forma: 1. Ondas infrasónicas o infrasonidos, cuya frecuencia es menor de 20 Hz. 2. Ondas sónicas o sonidos, en los que la frecuencia oscila entre 20 y 20.000 Hz (20 kHz). 3. Ondas ultrasónicas o ultrasonidos, cuya frecuencia siempre es mayor de 20 kHz, son sonidos no detectables por el oído humano aunque sí por algunos animales⁽⁷⁾.

El *ultrasonido* se define, entonces, como una serie de ondas mecánicas, generalmente longitudinales, originadas por la vibración de un cuerpo elástico (cristal piezoeléctrico) y propagadas por un medio material (tejidos corporales), cuya frecuencia supera la del sonido audible por el humano⁽⁸⁾. Los elementos que forman parte del equipo ecográfico son el transductor o la sonda, el botón de ganancia y los botones de curva ganancia según la profundidad⁽⁷⁾. Algunos de los parámetros que se utilizan a menudo en ultrasonido son: frecuencia, velocidad de propagación, interacción del ultrasonido con los tejidos, ángulo de incidencia, atenuación y frecuencia de repetición de pulsos⁽⁹⁾. Piezoelectricidad significa “electricidad impulsada por presión”; elementos como hueso, ADN, tendones, la caña de azúcar y cristales de Cuarzo, son ejemplos de materiales piezoeléctricos naturales que producen energía a presión⁽¹⁰⁾.

Términos ecográficos elementales:

- *Estructura ecogénica*: es aquella que genera ecos debido a la existencia de interfases acústicas en su interior.
- *Estructura hiperecogénica o hiperecoica*: es aquella que genera ecos en gran cantidad y/o intensidad.
- *Estructura hipoecogénica o hipoecoica*: es aquella que genera pocos ecos y/o de baja intensidad.
- *Estructura isoecogénica o isoecoica*: es aquella que se da cuando una estructura presenta la misma ecogenicidad que otra.
- *Estructura anecogénica o anecoica*: es aquella que no genera ecos debido a que no hay interfases en su interior. Típica de los líquidos⁽⁷⁾.

Existen tres modos básicos de presentar las imágenes ecográficas. El **modo A** ó de **amplitud**, se empleó inicialmente para distinguir entre estructuras quísticas y sólidas y se utilizó para representar gráficamente una señal. El **modo M** se emplea para las estructuras en **movimiento** como el corazón; se realiza una

representación gráfica de la señal, la amplitud es el eje vertical, el tiempo y la profundidad son el eje horizontal. El **modo B** es la representación pictórica de la suma de los ecos en diferentes direcciones (axial, lateral), favoreciendo que el equipo reconozca la posición espacial y la dirección del haz. Ésta es la modalidad empleada en todos los equipos de ecografía en tiempo real y se trata de una imagen bidimensional estática⁽⁸⁾.

En la actualidad la ecografía Doppler es una técnica utilizada por parte del personal médico. Su principio básico radica en la observación de cómo la frecuencia de un haz ultrasónico se altera cuando a su paso se encuentra con un objeto en movimiento (eritrocitos o flujo sanguíneo). El equipo detecta la diferencia entre la frecuencia del haz emitido y la frecuencia del haz reflejado (frecuencia Doppler). La información obtenida mediante la técnica Doppler puede presentarse de dos formas diferentes: en **Doppler color** se muestran las estructuras en movimiento en una gama de color; y el **Doppler de poder**, también denominado de potencia o de energía, muestra tan sólo la magnitud del flujo y es mucho más sensible a los flujos lentos, y por lo general resulta ser una técnica más utilizada en el aparato locomotor que la de Doppler color⁽⁸⁾.

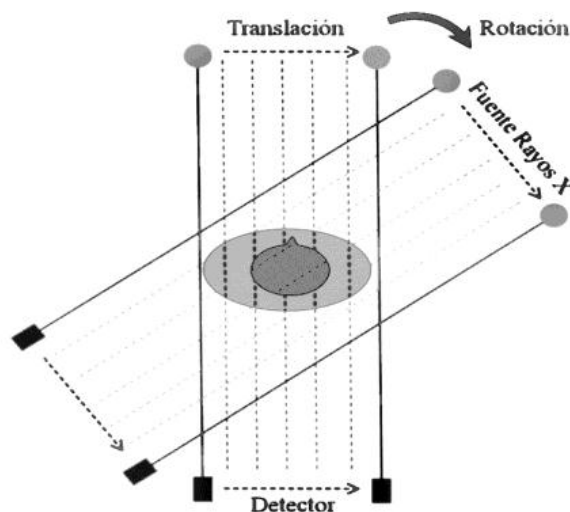
El ultrasonido es utilizado en: oftalmología, ginecología y obstetricia, así como, sistemas cardiovascular y genitourinario, incluyendo glándulas mamarias, área abdominal, entre otros. Efectos celulares dañinos en animales o humanos no han podido ser demostrados a pesar de la gran cantidad de estudios aparecidos en la literatura médica relativos al uso del diagnóstico ultrasónico en el ámbito clínico⁽¹¹⁾. El ultrasonido a través del tiempo ha venido ganando terreno como ayuda diagnóstica de uso frecuente y confiable, hasta convertirse en el segundo método más solicitado después de los Rayos X⁽¹²⁾, debido a que tiene muchas ventajas sobre la radiografía: ausencia de radiación, excelente visualización de tejidos blandos y diferenciación entre sólidos y líquidos, las ecografías pueden repetirse sin peligro alguno, son más económicas y pesan menos que un computador portátil. Estas ventajas y muchas más son al parecer, la causa del uso casi masivo de este medio diagnóstico tan útil en la actualidad⁽¹³⁾. En países en desarrollo el Ultrasonido es para la mayoría de la población, la única modalidad de imágenes disponibles para el diagnóstico de diversas patologías, las cuales podrían visualizarse mejor usando otras técnicas diagnósticas modernas y más útiles.

Tomografía Computarizada (TC)

En julio de 1972, el ingeniero eléctrico Sir Godfrey Newbold Hounsfield publicó un artículo en la Revista *British Journal of Radiology*, en el que describía una técnica basada en Rayos X, llamada tomografía computarizada, que utilizaba métodos matemáticos que A.M. Cormack había desarrollado una década antes. El método de Hounsfield dividía la cabeza en varias tajadas, cada una de las cuales era irradiada por sus bordes. La técnica tomográfica buscaba superar tres limitaciones que Hounsfield consideraba evidentes en la radiología convencional. Primero, la imposibilidad de mostrar en una imagen radiológica bidimensional toda la información contenida en una escena tridimensional, debido a la superposición de los objetos en la imagen que se obtenía; segundo, la limitada capacidad para distinguir tejidos blandos; y finalmente, la imposibilidad de cuantificar las densidades de los tejidos.

Las primeras imágenes de tomografía reconstruidas con el primer escáner desarrollado, contaban con una baja resolución espacial, una matriz de 80x80 pixeles, y tardaba nueve horas en total para cubrir un cerebro humano⁽¹⁴⁾. Desde su aparición, se han diseñado diversos modelos de equipos de TC que la bibliografía clasifica en generaciones⁽¹⁾. En los tomógrafos de primera generación, se producían rayos paralelos gracias a un movimiento de traslación a largo del objeto, y este proceso se repetía con pequeños incrementos rotacionales hasta barrer 180 grados (Figura N°1).

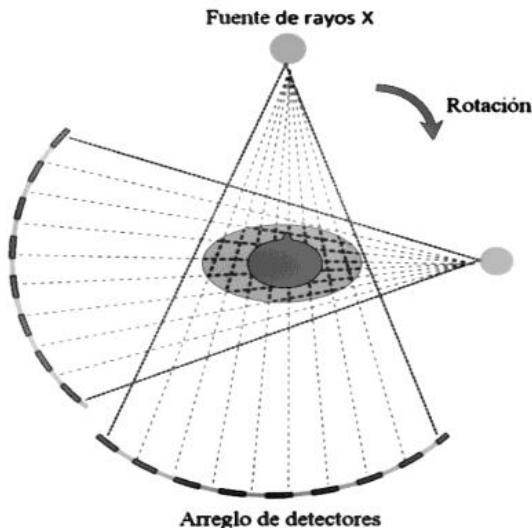
Figura N°1. Tomógrafo de primera generación.



Utiliza un método de traslación-rotación y genera proyecciones paralelas⁽⁴⁾.

Los equipos de segunda generación funcionaban bajo un principio de traslación-rotación similar; sin embargo, podían realizar el proceso un poco más rápido gracias al uso de un mayor número de detectores y una fuente que emitía rayos en forma de abanico, además, aprovechaban mejor la potencia de los rayos X emitidos. La búsqueda de una mayor velocidad de adquisición de las imágenes hizo que se eliminara el movimiento de traslación; así en 1975, aparecieron los equipos de tercera generación. En este tipo de escáneres, el tubo de Rayos X y el detector rotan simultáneamente, cubriendo el paciente con un haz de rayos X en forma de abanico (Figura N°2).

Figura No. 2. Tomógrafo de tercera generación

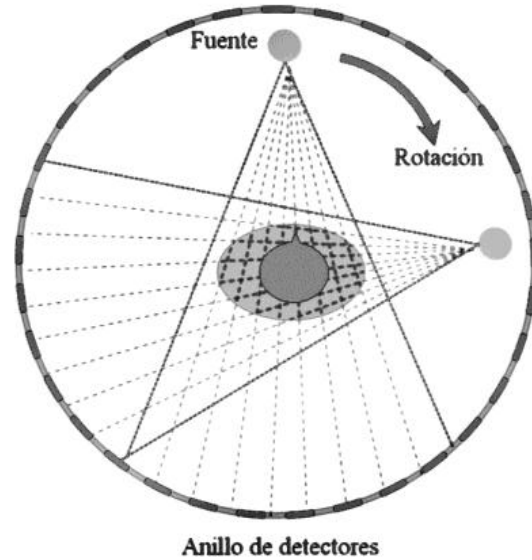


Nótese que los rayos forman una especie de abanico (fan beam) y tanto la fuente de rayos X como el arreglo de detectores rotan dentro del gantry ⁽⁴⁾.

En 1976, aparecieron los tomógrafos de cuarta generación, que consistían en un arreglo estacionario de detectores en forma de anillo que rodeaban completamente al paciente, sin embargo, este modelo tenía la limitante de ser un equipo muy costoso. En 1980 se introdujo la tomografía por rayo de electrones EBCT (del inglés *Electron Beam CT*), que constituye la quinta generación. El EBCT utiliza una arquitectura estacionaria (sin rotación), donde un rayo de electrones hace un barrido a lo largo de cuatro placas semicirculares que rodean al paciente. El año 1989 resultó ser crucial con la aparición de la sexta generación, cuando Kalender y sus colaboradores inventaron la tomografía en espiral (o helicoidal), la

cual utiliza la arquitectura de tercera generación, pero se caracteriza porque hay un movimiento continuo de la camilla a través del gantry (parte del tomógrafo en continua rotación) (Figura N°3).

Figura No. 3. Tomógrafo de cuarta generación



Sólo la fuente de rayos X es rotada a través de un anillo de detectores estacionario; las proyecciones son también en forma de abanico ⁽⁴⁾.

La posibilidad de escanear órganos y regiones anatómicas continuamente en un período muy corto de tiempo, demostró las ventajas de esta innovación. Sin embargo, en la tomografía en espiral, los tubos de rayos X se podían sobrecalentar, especialmente cuando se deseaba una mayor resolución espacial con tajadas más delgadas. Este hecho impulsó en 1998 el desarrollo de modelos de séptima generación: tomógrafos multi-tajadas (MSCT, del inglés *Multi-Slice Computed Tomography*), también llamados multi-detectores (MDCT, del inglés *Multi-Detector Computed Tomography*), los que permiten recoger datos correspondientes a varias tajadas simultáneamente y, por consiguiente, reducen el número de rotaciones del tubo de rayos X necesarias para cubrir una región anatómica específica^(14,15). Desde el año 2006, la TC ofrece la posibilidad de adquirir datos con distintos espectros de rayos X, lo que se conoce como TC con energía dual (TCED). La TCED es una nueva herramienta diagnóstica que implica un cambio sustancial en el diagnóstico, porque permite caracterizar determinados elementos químicos y, con

ello, detectar alteraciones en ausencia de anomalías morfológicas o densitométricas⁽¹⁶⁾.

La palabra tomografía viene del griego “tomos” que significa corte o sección, y de “grafía” que significa representación gráfica. Por tanto, la Tomografía Computarizada es la obtención de cortes o secciones de un objeto; es una exploración de rayos X que produce imágenes detalladas de cortes axiales del cuerpo, y que en lugar de obtener una imagen convencional como las radiografías, obtiene múltiples imágenes al rotar alrededor del cuerpo sobre un soporte giratorio⁽¹⁷⁾.

La tomografía computarizada es una modalidad diagnóstica que representa un importante avance en la medicina, y ha abierto nuevos horizontes desde el punto de vista diagnóstico, terapéutico y de la investigación en muchas disciplinas médicas⁽¹⁸⁾. Debido a las facilidades en el diagnóstico de imágenes, se puede utilizar para obtener estudios de la cabeza, aparato respiratorio, área abdominal, sistema genitourinario, miembros superiores e inferiores, sistema musculoesquelético, entre otros.

El uso de esta técnica de imagen presenta múltiples ventajas, para el caso: las imágenes son exactas, no son invasivas y no provocan dolor; se brinda imágenes detalladas de numerosos tejidos del cuerpo, son rápidos y sencillos y menos costosos que la Resonancia Magnética, proporciona imágenes en tiempo real; se convierte en una herramienta útil para guiar procedimientos mínimamente invasivos⁽¹⁷⁾.

Sin embargo, la TC presenta inconvenientes que tienen que darse a conocer⁽²⁾; la dosis de radiación efectiva para este procedimiento es de alrededor de 10 mSv que es la dosis similar al porcentaje que una persona en promedio recibe de radiación de fondo en tres años y puede llegar a alcanzar hasta 20 mSv. Este tipo de estudio esta contraindicado en pacientes que no pueden ser sometidos a altas dosis de radiación, mujeres embarazadas debido al riesgo potencial para el feto o pacientes con hipersensibilidad a los contrastes yodados y aquellos con insuficiencia: cardiaca, renal, o hepática, debido a grandes volúmenes de contraste que se utilizan; se debe someter a los niños a este estudio, siempre y cuando su uso sea fundamental para realizar un diagnóstico⁽¹⁷⁾.

Resonancia Magnética

Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) ingeniero y matemático, inició sus estudios sobre la propagación del calor que condujeron a la publicación de su obra cumbre en 1822: “Théorie analytique de la chaleur”. En esta obra, Fourier estudió la ecuación diferencial del flujo de calor y, como parte de ello, intentó demostrar que cualquier función diferenciable puede ser expandida en una serie trigonométrica. Este paso, aparentemente irrelevante para la medicina en su época, es esencial tanto en la tomografía computada como en la resonancia magnética médica de hoy⁽¹⁹⁾. La Resonancia Magnética (RM) es una técnica de diagnóstico surgida en 1946, sus creadores fueron, los físicos Edward Purcell de la Universidad de Harvard y Félix Bloch de la Universidad de Stanford, quienes obtuvieron el Premio Nobel en 1952. En un principio, el método fue aplicado a objetos sólidos en estudios de espectroscopia, en 1967 J. Jackson comenzó a aplicar los descubrimientos logrados hasta entonces, en organismos vivos, y en 1972 P. Laterbur en Nueva York, se dio cuenta que era posible utilizar esta técnica para producir imágenes, llegando por fin a probarlo con seres humanos⁽²⁰⁾.

En 1974 Raymond V. Damadian construyó el primer tomógrafo de RM de cuerpo entero que llamó “el indomable”, obteniendo la imagen de un tumor de una rata, publicada en la revista Science en 1976⁽¹⁹⁾. Desde la aparición del primer equipo de uso clínico, en el año 1981, la técnica se ha extendido por los hospitales de todo el mundo y, según datos, en el año 2010, más de 25,000 equipos estaban en funcionamiento por todo el planeta⁽²¹⁾. La RM de hoy se nutre de los descubrimientos logrados por todos estos grandes investigadores: matemáticos, físicos, químicos, ingenieros y médicos, y probablemente lo seguirá haciendo, incorporando estos avances en las nuevas técnicas que se están desarrollando⁽¹⁹⁾.

La Resonancia Magnética es una técnica que consiste en la obtención de imágenes detalladas de órganos y tejidos internos a través del uso de campos magnéticos utilizando grandes imanes, ondas de radiofrecuencia y una computadora para la producción de imágenes. Su aplicación condujo al desarrollo de una nueva modalidad conocida como resonancia magnética funcional, la cual provee una herramienta sensitiva, no invasiva para el mapeo de activación de la función del cerebro humano,

a través de la medición de cambios locales en el flujo sanguíneo⁽²²⁾. El elevado detalle de sus imágenes y el contraste entre los diferentes tejidos han convertido a la RM en una técnica esencial para diagnosticar muchas enfermedades y para evaluar la eficacia de diferentes estrategias terapéuticas⁽²¹⁾. Además, es la base de un gran número de investigaciones científicas centradas en el estudio de los mecanismos biológicos y fisiológicos subyacentes a la enfermedad. Como técnica en continua expansión tecnológica, sus aplicaciones son crecientes y están en constante evolución. Entre ellas son de especial relevancia la guía y control en técnicas de intervencionismo. Los estudios funcionales y cognitivos cerebrales, la combinación de la RM con la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) para localizar y caracterizar diversos tumores, y para extraer biomarcadores de imagen mediante métodos computacionales de procesamiento de imágenes⁽²³⁾.

Los componentes fundamentales del equipo de RM son: imán creador del campo electromagnético, sistema de radiofrecuencia, sistema de adquisición de datos, ordenador para analizar las ondas y representar la imagen y el equipo de impresión para imprimir la placa⁽²⁰⁾.

La Resonancia Magnética se aplica para el estudio prácticamente de todo el cuerpo humano en general. Puede ser utilizada para visualizar estructuras como cerebro, corazón, pulmones, glándulas mamarias, hígado, vías biliares, bazo, páncreas, riñones, útero, ovarios, próstata, hueso, músculo, y otros⁽²⁴⁾. Las ventajas que la RM presenta en cuanto a su uso es que no utiliza radiación ionizante, reduciendo riesgos de mutaciones celulares o cáncer; permite cortes muy finos (1/2 mm o 1mm) e imágenes detalladas logrando observar estructuras anatómicas no apreciables con otro tipo de estudio; permite la adquisición de imágenes multiplanares (axial, sagital, coronal) sin necesidad de cambiar de postura al paciente; detecta muy rápidamente los cambios en el contenido tisular de agua, no causa dolor y el paciente tiene en todo momento comunicación con el médico. La calidad de las imágenes obtenidas se puede mejorar utilizando medios de contraste paramagnéticos por vía intravenosa (se suministran previo al estudio, inyecciones de un fluido llamado gadolinio). Esto hace que las áreas anormales se iluminen en la RM y sean más fáciles de distinguir⁽²⁰⁾. Dentro de las contraindicaciones absolutas para realizar RM están: pacientes con

dispositivos cardíacos, implantes cocleares, prótesis valvulares cardíacas no-RM compatibles y cuerpos extraños metálicos en lugares con riesgo vital (ojo, cerebro, hígado, grandes vasos); las contraindicaciones relativas son: embarazo, claustrofobia severa, obesidad mórbida y presencia de tatuajes extensos por el riesgo de producir quemaduras al aumentar la temperatura local⁽²⁴⁾.

Por otro lado, la utilidad de la RM se ve limitada por: a) larga duración del examen (la mayor parte de las RM llevan entre 30 y 60 minutos), b) mayor costo económico que otros estudios de imagen, c) sensación de claustrofobia cuando se está adentro del túnel⁽²⁰⁾. Se puede decir que el examen de Resonancia Magnética es una herramienta importante en medicina. Es un método moderno, que presenta muchas ventajas y pocas desventajas y es cada vez más utilizado. Se puede prever que la resonancia magnética sustituirá poco a poco otras técnicas de imagenología. La principal razón de esto es que cada vez están siendo dejados a un lado los métodos que utilizan radiaciones ionizantes.

En la actualidad, la RM tiene un papel fundamental en el tratamiento de numerosas enfermedades con importante impacto social y económico como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares, neurológicas y las del sistema musculoesquelético. Como técnica que continúa en expansión tecnológica, sus aplicaciones son cada vez más crecientes y se encuentran en constante evolución.

Conclusión

Actualmente, innumerables aplicaciones derivadas de aquellos primeros conocimientos, son práctica habitual en diversas áreas de la producción, la investigación y de manera muy especial, la medicina. Pocos descubrimientos han tenido un impacto en el campo de la salud. En la medicina moderna la radiología convencional, la tomografía computarizada, el ultrasonido, y la resonancia magnética son procedimientos realizados frecuentemente para diagnosticar múltiples enfermedades y evaluar la eficacia de diferentes estrategias terapéuticas.

La medicina moderna conoce los efectos positivos y perjudiciales asociados al uso de los Rayos X como imagen diagnóstica. Ese equilibrio entre beneficios y riesgos se puede lograr mediante la reducción de las

dosis individuales de radiación, el número de personas expuestas y la probabilidad de que ocurran exposiciones accidentales tanto como sea razonablemente posible. La radiación ionizante es el parámetro clave que limita el uso de la Tomografía Computarizada. La Resonancia Magnética es una potente herramienta diagnóstica cuyo uso ha aumentado significativamente en los hospitales de todo el mundo. Debido a sus particularidades técnicas para poder utilizarla sin peligro, es necesario que todo el personal relacionado con ella conozca adecuadamente su funcionamiento y los aspectos relacionados con la seguridad. En cuanto al Ultrasonido, el principal riesgo radica en emitir un diagnóstico equivocado, debido a limitaciones técnicas del operador. Los principios físicos y las técnicas de manejo son esenciales para comprender la naturaleza del ultrasonido y sus aplicaciones clínicas para adquirir imágenes diagnósticas de alta calidad.

Agradecimiento

Al Doctor Carlos Paz Haslam por revisar éste trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Passarielo G, Mora F, eds. Imágenes Médicas: adquisición, análisis, procesamiento e interpretación. Venezuela: Equinoccio, Ediciones de la Universidad Simón Bolívar;1995.
2. Eastman GW, Wald C, Crossin J. Getting started in clinical radiology, from image to diagnosis. Germany: Thieme; 2005.
3. Fernández ML. Radiología digital. Tec Rad. 2013;83:22-24.
4. Arias CF. La Regulación de la protección radiológica y la función de las autoridades de salud. Rev Panam Salud Pública. 2006;20(2/3):188-97.
5. Bayo NA. Reacción celular ante la radiación. Radiobiología. Rev Elec. 2001;1:9-11.
6. Ortega Dulia SS. Historia del ultrasonido: el caso chileno. Rev Chil Radiol. 2004;10(2):89-92.
7. Segura A, Saez-Fernández A, Rodríguez-Lorenzo A, Díaz-Rodríguez N. Curso de ecografía abdominal. Introducción a la técnica ecográfica. principios físicos. Lenguaje ecográfico. Semergen. 2014;40(1):42-46.
8. Pineda Villaseñor C, Macías Palacios M, Bernal González A. Principios físicos básicos del ultrasonido. Invest Dis. 2012;1(1):25-34.
9. Venables H. How does ultrasound work? Ultrasound. 2011;19:44-49.
10. Mambachi A Cobbold R. Development and application of piezoelectric materials for ultrasound generation and detection. Ultrasound. 2011;19:187-196.
11. Ruedlinger Standen EG. Ultrasonografía Médica. [Tesis Doctoral]. Chile: Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral De Chile, Valdivia Chile; 2002.
12. Gaitini D. Joint ultrasound. Ultrasound Clin. 2014;9:513-524.
13. Vives Iglesias AE. Ultrasonido diagnóstico. Uso y relación con las competencias profesionales. Rev Cubana Med Gen Integr. 2007;23(3):1-16.
14. Ramírez Giraldo JC, Arboleda Clavijo C, McCollough C. Tomografía Computarizada por Rayos X: fundamentos y actualidad. Rev Ing Biom. 2008;2(4):13-31.
15. Malvaez Campos VA. Vigilancia tecnológica para equipos de Tomografía por Emisión de Positrones y Tomografía Computarizada disponibles en el mercado. [Tesis Doctoral]. México: Centro de Investigaciones Económica, Administrativas y Sociales, Instituto Politécnico Nacional; 2009.
16. Delgado Sánchez C, Martínez Rodríguez C, Trinidad López C. La Tomografía Computarizada de doble energía: ¿Para qué la quiero?. Radiología. 2013;55(4): 346-352.

17. Montero Rodríguez JA. Plan de gestión para la adquisición, instalación puesta en funcionamiento de un equipo de Tomografía Computarizada para Hospitales regionales Costarricenses. [Tesis Doctoral]. Costa Rica: Universidad Para la Cooperación Internacional; 2008.
18. Goroscope L, Echeveste J, Raman S. Tomografía por emisión de positrones/ Tomografía Computarizada: artefactos y pitfalls en pacientes con cáncer. Radiología. 2006;48(4):189-204.
19. Canals M. Historia de la Resonancia Magnética de Fourier a Lauterbur y Mansfield: en ciencias, nadie sabe para quién trabaja. Rev Chil Radiol. 2008;14(1):39-45.
20. Pebet N. Resonancia Nuclear Magnética. [En Internet]. Actas del XIII Seminario de Ing. Biomédica, Facultades de Medicina e Ingeniería, Univ. de la República Oriental de Uruguay, Montevideo, 2004. [Consultado el 20 de noviembre del 2013]. Disponible en: <http://www.nib.fmed.edu.uy/Pebet.pdf>.
21. Alberich Batarri A, Martí Bonmatí L, Lafuente J, Guibelalde del Castillo E. Utilización segura de la Resonancia Magnética: recomendaciones prácticas para el personal que trabaja con resonancia magnética. Radiología. 2013;55(2):99-106.
22. Caicedo Martínez OH, Aldana Ramírez CA. Resonancia Magnética funcional: evolución y avances en clínica. Tecnura Con- Ciencias. 2009;13(25):88-103.
23. Ahualli J. Aspectos generales de las secuencias de difusión de imagen en resonancia magnética. Rev Arg Radiol. 2010;74(3):227-237.
24. Keats T, Siström C. Atlas de Medidas Radiológicas. 7a ed. España: Elsevier; 2002.