



# INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN



# INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO **POR IMAGEN**

**1<sup>ER</sup> E D I C I Ó N**



Med. Xavier Alejandro Layana López  
Med. Stefany Nathaly Zambrano Soledispa  
Med. Juan Bautista Yáñez Contreras  
Med. Erick Hugo Zambrano Franco  
Med. Rossibell Berenisse Ollague Armijos  
Med. Katherine Andrea Flores Poveda  
Med. Milton Fernando Cobos Zambrano  
Med. Denisse Lissette Flores Subia  
Med. Wendy Estefania Vélez Gavilánez  
Med. Juan Carlos Pincay Mendoza



# INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

## AUTORES

**Med. Xavier Alejandro  
Layana López**  
Médico  
x.a.layana@gmail.com

**Med. Stefany Nathaly  
Zambrano Soledispa**  
Médico  
tatita-199@hotmail.com

**Med. Juan Bautista  
Yánez Contreras**  
Médico  
dr\_bautista\_yanez@hotmail.com

**Med. Erick Hugo  
Zambrano Franco**  
Médico  
dr\_ezambrano@hotmail.com

**Med. Rossibell Berenisse  
Ollague Armijos**  
Médico  
dra\_ollague@hotmail.com

**Med. Katherine Andrea  
Flores Poveda**  
Médico  
katitaflores\_p@hotmail.com

**Med. Milton Fernando  
Cobos Zambrano**  
Médico  
Dr.fernandocobos@gmail.com

**Med. Denisse Lissette  
Flores Subia**  
Médico  
denisse64@hotmail.com

**Med. Wendy Estefania  
Vélez Gavilánez**  
Médico  
ishel\_2007@hotmail.com

**Med. Juan Carlos  
Pincay Mendoza**  
Médico  
jcpincaymczs5@gmail.com



# INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

## REVISORES

### **Dr. Carlos Alberto Rosero Reyes**

Doctor en Cirugía General – Universidad Central del Ecuador  
Médico Tratante del Servicio de Cirugía General  
Jefe de Cátedra Cirugía General – Universidad Central del Ecuador  
Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín  
Quito – Pichincha – Ecuador

### **MD. Renato Javier Herrera García**

Médico General – Universidad Central del Ecuador  
Médico Residente del Servicio de Cirugía General  
Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín  
Quito – Pichincha - Ecuador



# DATOS DE CATALOGACIÓN

**AUTORES:** Med. Xavier Alejandro Layana López  
Med. Stefany Nathaly Zambrano Soledispa  
Med. Juan Bautista Yánez Contreras  
Med. Erick Hugo Zambrano Franco  
Med. Rossibell Berenisse Ollague Armijos  
Med. Katherine Andrea Flores Poveda  
Med. Milton Fernando Cobos Zambrano  
Med. Denisse Lissette Flores Subia  
Med. Wendy Estefania Vélez Gavilánez  
Med. Juan Carlos Pincay Mendoza

**Título:** Introducción al diagnóstico por imagen

**Descriptores:** Ciencias médicas; Radiografía; Medicina preventiva; Lucha contra las enfermedades

**Código UNESCO:** 32 Ciencias Médicas; 3201 Ciencias Clínicas

**Edición:** 1<sup>era</sup>

**ISBN:** 978-9942-826-17-6

**Editorial:** Mawil Publicaciones de Ecuador, 2020

**Área:** Educación Superior

**Formato:** 148 x 210 mm.

**Páginas:** 180

**DOI:** <https://doi.org/10.26820/978-9942-826-17-6>



## *Texto para Docentes y Estudiantes Universitarios*

El proyecto didáctico *Introducción al diagnóstico por imagen*, es una obra colectiva creada por sus autores y publicada por *MAWIL*; publicación revisada por el equipo profesional y editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de *MAWIL* de New Jersey.

**© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.**

\*Director General: MBA. Vanessa Pamela Quishpe Morocho Ing.

\*Dirección Central *MAWIL*: Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006

\*Gerencia Editorial *MAWIL*-Ecuador: Aymara Galanton.

\*Editor de Arte y Diseño: Lic. Eduardo Flores





# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN



**MAWIL**

Publicaciones Impresas  
y Digitales





**Contenido**

INDICE DE TABLAS ..... 17  
 INDICE DE FIGURAS ..... 22  
 PRÓLOGO ..... 25  
 INTRODUCCIÓN ..... 29

**CAPÍTULO I. CONCEPTOS BÁSICOS**

Diagnóstico por imagen ..... 33  
 Breve historia del origen de la imagenología ..... 34  
 Modalidades del diagnóstico por imágenes médicas..... 37  
 Técnica de diagnóstico por imagen médica ..... 38  
 Principios y generalidades de las imágenes diagnóstica ..... 39  
 Rayos X ..... 39  
 Ultrasonido ..... 41  
 Tomografía computarizada (TC)..... 43  
 Resonancia magnética..... 45  
 Exámenes imagenológicos en el diagnóstico clínico ..... 47  
 Radiografía ..... 47  
 Tomografía computarizada..... 48  
 Gammagrafía..... 49  
 Mamografía ..... 50  
 Resonancia magnética..... 51  
 Ecografía ..... 52

**CAPÍTULO II. RADIOLOGÍA BÁSICA**

Imágenes por rayos X ¿Qué son los rayos X médicos?..... 57  
 Radiología convencional ..... 58  
 Materiales y Equipos ..... 60  
 Radiología digital o computarizada ..... 60  
 Radiología digital directa ..... 61  
 Radiografía del Tórax ..... 61  
 Técnicas de exploración ..... 62  
 Radiografía póstero-anterior ..... 62  
 Perfil Izquierdo ..... 64

Proyecciones oblicuas .....	65
Criterios de calidad radiográficos .....	66
Radiografía del abdomen .....	68
Técnica básica en la radiología simple de abdomen .....	72
Parte blanda .....	73
Grasa.....	74
Patrón aéreo .....	75
Estructuras óseas y calcificaciones.....	76
Radiología de huesos y articulaciones .....	77
Traumatismo físico .....	78
Osteoporosis .....	89
Radiografía de cabeza y columna vertebral .....	90
Radiografía simple de la columna vertebral .....	90
Radiografía simple de la cabeza .....	93

### **CAPÍTULO III: TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA**

Los rayo X en las ciencias médicas .....	99
Principios de la tomografía computarizada .....	101
Protocolo de estudio e indicaciones .....	108
Exploración de la cabeza por TAC .....	108
TAC del cráneo.....	109
TAC de tórax.....	110
TAC de abdomen superior .....	110
Factores que afectan la calidad de la imagen.....	111

### **CAPÍTULO IV. MEDICINA NUCLEAR**

Tomografía computarizada por emisión de positrones (PET) .....	116
Tomografía computarizada por emisión de fotones simples (SPECT).....	117
Gammagrafía .....	118
Equipos de gammagrafía .....	118
Característica de los radionúclidos utilizados en gammagrafía.....	120
¿Cómo se realiza un estudio de gammagrafía? .....	120
Indicaciones y procedimientos por órganos.....	121



<b>CAPÍTULO V. MAMOGRAFÍA</b> .....	127
Formación de la imagen en mamografía .....	128
Equipo para mamografía .....	130
Tipo de mamografía .....	130
Mamografía convencional .....	130
Mamografía digital.....	131
Examen mamográfico .....	133
Proyecciones mamográficas .....	133
Proyecciones estándar .....	134
Proyecciones complementarias .....	136
Lectura e interpretación mamográfica .....	137
Reporte mamográfico .....	137
<b>CAPÍTULO VI. RESONANCIA MAGNÉTICA</b> .....	145
Principios básicos de la resonancia magnética .....	146
Magnetismo Nuclear .....	146
Formación de la imagen de resonancia magnética (IRM).....	148
Secuencias de resonancia magnética .....	149
¿Cómo se genera la imagen en resonancia magnética?.....	152
Equipos de Resonancia Magnética .....	153
Exploración diagnóstica por resonancia magnetica .....	154
RM de raquis cervical .....	155
RM de cadera .....	157
<b>CAPÍTULO VII. ECOGRAFÍA</b> .....	163
Formación de la imagen en ecografía .....	165
Modos en ecografía .....	166
Equipos en ecografía: el ecógrafo y sus componentes .....	167
Imágenes y tipos de corte ecográficos .....	168
Tipo de imagen .....	168
Tipos de corte o planos ecográficos .....	168
Exploración de riñón y vejiga .....	169
Técnica riñón derecho .....	169
Técnica riñón izquierdo .....	170

---

Vejiga. Técnica de estimación del volumen urinario .....	170
Exploración del bazo.....	171
Técnica de exploración .....	171
Exploración del hígado .....	172
Técnica de exploración .....	173
<b>REFERENCIAS</b> .....	177

**TABLAS**

**INTRODUCCIÓN AL  
DIAGNÓSTICO POR IMAGEN**









**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Técnicas de diagnóstico basadas en la utilización de radiaciones ionizantes y no ionizantes..... 39

Tabla 2 Modalidades y técnicas de imágenes médicas ..... 46

Tabla 3 Niveles de estudio para la aplicación de modalidades diagnóstica por imagen ..... 47

Tabla 4 Densidades del cuerpo humano y efectos de los rayos X ..... 59

Tabla 5 Estructura del reporte mamográfico ..... 138



**FIGURAS**

**INTRODUCCIÓN AL  
DIAGNÓSTICO POR IMAGEN**



**M AWIL**  
Publicaciones Impresas  
y Digitales





## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principales modalidades de imagenología médica.....	38
Figura 2 Proyecciones del tórax de frente .....	63
Figura 3 Representación en la radiografía de tórax póstero-anterior .....	64
Figura 4 Representación en la radiografía de tórax perfil izquierdo.....	65
Figura 5 Proyecciones oblicuas del tórax .....	66
Figura 6 Posición oblicua del paciente y representación radiográfica del tórax .....	66
Figura 7 Anatomía de la cavidad abdominal .....	69
Figura 8 Cuadrantes abdominales .....	71
Figura 9 Proyecciones radiográficas del abdomen .....	72
Figura 10 Radiografía simple de abdomen normal. La grasa delimita el borde inferior de la parte posterior del hígado, .....	73
Figura 11 Ascitis: aumento difuso de la densidad abdominal con mala defini- ción de las principales líneas grasas abdominales.....	75
Figura 12 Globo vesical: aumento de densidad en la pelvis menor que está ocasionando un efecto de masa sobre las asas del marco cólico .....	76
Figura 13 Colelitiasis: calcificaciones en hipocondrio derecho afacetadas .....	77
Figura 14 Tipo de fractura según la fuerza incidente .....	81
Figura 15 Tipo de fractura según su localización .....	81
Figura 16 Fractura por compresión. Rx AP y Lateral de columna dorsal.....	83
Figura 17 Fractura de Segond: Rx AP: fragmento óseo por encima de la cabeza del peroné, paralelo al borde del platillo tibial, que corresponde a una fractura de Segond .....	84
Figura 18 Radiografía de las extremidades inferior con presencia de disimetría .....	85
Figura 19 Fractura diafisaria del fémur .....	86
Figura 20 Rx osteoporosis de tibia y fractura patológica .....	87
Figura 21 Metacarpianos normales. Radiografía PA del segundo y tercer metacarpianos .....	88
Figura 22 Proyección de la columna vertebral. A: articulación atlantoaxial; B: proyección lateral.....	91



Figura 23 Radiografía simple A: Columna dorsal normal, proyección anteroposterior B: Columna lumbar normal, proyección anteroposterior C: proyección oblicua .....	93
Figura 24 Radiografías simples del cráneo normal, en proyección frontal y lateral .....	95
Figura 25 TAC de cráneo. A: Ventana parénquima. B: El mismo corte en ventana de hueso .....	110
Figura 26 TAC de tórax en ventana de pulmón. ....	110
Figura 27 TAC simple de abdomen superior. Corte axial a nivel del hígado.....	111
Figura 28 Equipo de gammagrafía. Gammacámara .....	120
Figura 29 Gammagrafías óseas de cuerpo completo .....	122
Figura 30 Gammagrafía tiroidea convencional en proyección anterior..	124
Figura 31 Proyecciones mamográficas estándar. Cráneo caudal .....	134
Figura 32 Proyecciones mamográficas estándar. Oblicua mediolateral .....	136
Figura 33 Imagen RM del raquis cervical. A: plano coronal; B: plano sagita; C: plano axial .....	156
Figura 34 Imagen RM del raquis cervical. A: Imagen sagital potenciada en EG T2; B: Imagen axial en SE potenciada en T1 .....	157
Figura 35 Imagen RM de cadera. A: plano axial; B: plano sagital; C: plano coronal .....	158
Figura 36 Imagen RM de cadera. A: Axial SE potenciada en T1; B: Coronal SE potenciada en T1; C: Sagital potenciada en T2. ....	159
Figura 37 Volumen urinario .....	171
Figura 38 Esplenomegalia .....	172
Figura 39 Ecoestructura de un hígado normal. La ecogenicidad del parénquima hepático es similar a la del bazo y algo mayor a la corteza renal.....	173

# PRÓLOGO

## INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN



**MAWIL**

Publicaciones Impresas  
y Digitales







## PRÓLOGO

El ingenio humano es tan amplio como la diversidad de situaciones a las que el hombre se enfrenta en su cotidianidad. Cuando aludimos al ingenio humano, lo vinculamos con la praxis interactiva o interpretativa del ser, en su permanente búsqueda y desarrollo por encontrar respuestas, por facilitar su vivencia. Pero este ingenio no se obtiene del azar, el hombre lo obtiene a partir de su reflexión, de su práctica y de su experiencia, por ello, los límites del ingenio son inimaginable por lo flexible y dinámico de su quehacer tecnológico.

El diagnóstico por imagen, es una de esas manifestaciones del ingenio del hombre por el desarrollo y expansión en el campo del diagnóstico médico, expansión que puede explicarse para el análisis de las estructuras internas del cuerpo desde el surgimiento de los Rayos X, la tomografía computarizada y la resonancia magnética nuclear que permite el estudio y análisis del cuerpo humano en tres dimensiones, todo ello con el fin de detectar precozmente muchas enfermedades. Es así como el campo del diagnóstico por imagen se convierte en una de las aplicaciones más importantes del procesamiento y visualización de imágenes en la realidad virtual.

En la actualidad, el diagnóstico por imágenes ofrece sus servicios al resto de las ramas de las ciencias médicas, pues está estrechamente vinculado al cuadro clínico que presenta el paciente. Es por ello, que la presente obra está pensada para todo aquel que se inicia en el campo del diagnóstico por imagen, así como aquellos que esperan consultar y conocer el fascinante mundo de la imagenología.

**Los autores**



# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN



**MAWIL**

Publicaciones Impresas  
y Digitales





## INTRODUCCIÓN

El diagnóstico por imagen se ha convertido en una herramienta fundamental de la práctica clínica, gracias a que, en la actualidad, permiten detectar patologías con una precocidad nunca antes conocida. Así pues, el principal objetivo del diagnóstico por imagen es generar información de gran importancia para la caracterización de la fisiología y/o anatomía de diversos órganos o partes del cuerpo humano, por lo cual deberá atender por igual, los principios físicos y técnicos de los protocolos de adquisición por imagen, los principios del tratamiento de los métodos y técnicas para la obtención de imagen, así como, los principios médicos que se precisen para su aplicación, tanto anatómicos como metabólicos.

En tal sentido, el principal objetivo de este libro, es desarrollar un texto de consulta sobre las técnicas básicas del diagnóstico médico por imagen, que pueda servir de guía y referencia a estudiantes de los primeros niveles de medicina, así como aquellos no especialistas interesados en el tema de la imagenología.

Ello se logra a través del desarrollo de cada capítulo donde se describe los diferentes métodos y técnicas imagenológica. Así, en el primer capítulo describe los conceptos básicos referidos al diagnóstico por imagen y la imagenología, en el cual se hace una breve referencia histórica del origen la imagenología. Es de interés en este capítulo puntualizar las distintas modalidades y técnicas diagnósticas por imagen médica. Para ello, se hace mención a los principios y generalidades de las imágenes médicas tales como los rayos X, el ultrasonido, la tomografía computarizada, la resonancia magnética y la ecografía.

En el segundo capítulo abordamos la radiología básica partiendo de una interrogante sobre los rayos X médicos, en el cual hacemos un breve recorrido sobre la radiología y sus distintas técnicas para la obtención de la imagen.



El tercer capítulo estudiamos los principios y protocolo básicos de la tomografía computarizada y los factores que afectan la calidad de la imagen. En el capítulo cuatro nos adentramos al mundo de la medicina nuclear, específicamente a la gammagrafía como técnica diagnóstica que utiliza sustancias radiactivas para estudiar la anatomía y el funcionamiento de los diferentes órganos y tejidos del cuerpo humano. Otra de las técnicas de diagnóstico por imagen que consideramos de mucha actualidad es la mamografía, para el cual le dedicamos el capítulo cinco de esta obra con el fin de indagar la formación de la imagen, tipo y proyecciones mamográficas.

El capítulo seis hace referencia a la resonancia magnética como método de diagnóstico por imagen no radiológico, es decir no necesita proyectar radiación de ningún tipo contra el objeto de estudio lo cual la hace inocua. Y finalmente en el capítulo siete abordamos la ecografía como una técnica de diagnóstico por imagen basada en la utilización de ultrasonidos.

En cada capítulo se hace breves referencias a las técnicas de obtención de imagen y protocolos para su estudio.

# **CAPÍTULO I**

## **CONCEPTOS BÁSICOS**









## **1.1 Diagnóstico por imagen**

El diagnóstico por imagen o imagenología es una técnica utilizada para obtener imágenes del cuerpo humano, o parte de él, con el propósito de revelar o examinar enfermedades. Son procedimientos médicos, que en el sentido más estricto, son técnicas que producen imágenes del interior del cuerpo de forma no invasiva, con el fin de aportar información sobre su estructura y funcionamiento a fin de detectar posibles anomalías en el mismo. En otras palabras, la imagenología médica genera información para la caracterización de la fisiología y/o anatomía de diversos órganos o partes del cuerpo humano.

### **Imagen médica**

Aquella que procede del conjunto de técnicas y procesos usados para crear imágenes del cuerpo humano, o partes de él, con propósitos clínicos, esto es, procedimientos médicos que buscan revelar, diagnosticar o examinar enfermedades, o bien con propósitos científicos médicos, tales como el estudio de la anatomía física y metabólica

Estas técnicas aspiran responder ¿cómo es el cuerpo humano por dentro? Cuyas respuestas van a depender de la forma en que se observa, por tanto, variará en función del objeto de estudio.

Ahora bien, las imágenes médicas se han convertido en un instrumento fundamental de la práctica clínica, gracias a que, en la actualidad, permiten detectar patologías con una precocidad nunca antes conocida. Por tanto, la imagenología, es una rama de la medicina considerada una especialidad como muchas otras; surgió de la necesidad de apoyar esencialmente, a través de aplicaciones tecnológicas en el diagnóstico de las enfermedades.

Resulta impensable la práctica médica contemporánea sin la presencia de la misma ya que utiliza radiaciones ionizantes y no ionizantes



para obtener imágenes realizando exámenes que permiten observar, ubicar y realizar el diagnóstico de diversas patologías. Su utilización ya no queda relegada únicamente al ámbito de la radiología, sino que cada vez es más común utilizar elementos de computación basados en imagen en el proceso previo a la cirugía. La medicina se basa en identificar y monitorear lesiones alteraciones anatómicas y/o funcionales, así como, dar seguimiento a su comportamiento pos tratamiento; por ende, la imagenología se ha convertido en los ojos de la medicina.

### **Imagenología**

Especialidad médica que se ocupa de la producción y análisis de las imágenes obtenidas a través de diversas tecnologías, que comprende el diagnóstico por imágenes y los procedimientos de diagnósticos y terapéuticos guiados por las imágenes

Existen varios tipos de exámenes que se realizan con equipos adecuados, en este sentido, para producir imágenes del cuerpo humano, la tecnología médica emplea una amplia variedad de formas de energía capaces de penetrar diferentes tejidos y al mismo tiempo interactuar dentro de los mismos hasta cierto límite. El campo de emisión es modulado por el objeto y medido por un sensor. La medición es afectada por una serie de procesos de transformación, de tal forma que el resultado final de este proceso siempre produce una distribución de niveles de gris o tonos de color, la cual representa una imagen capaz de ser visualizada. Esta transformación de variables físicas primarias en una representación física uniforme (imagen) es el objetivo final de un sistema de imágenes médicas.

### **1.2. Breve historia del origen de la imagenología**

En Alemania, el profesor de física y rector de la Universidad de Wurzburg, Wilhelm Conrad Roentgen descubre los rayos X trabajando en su laboratorio con un tubo de Hittorf-Crookes, al observar que al ener-



gizarlo se producía fluorescencia en una pantalla de platicianuro de bario. Al repetir la experiencia evidenció que al interponer su mano entre el tubo energizado y la pantalla podía observar opacamente sus dedos sobre la pantalla. Esto despertó su curiosidad y se propuso replicar esta peculiar situación en varias ocasiones, comprobando que se obtenían los mismos resultados, luego de analizar la situación durante un largo tiempo. Roentgen supuso que el inexplicable fenómeno de fluorescencia, solo podía ser ocasionado por una fuente invisible de energía radiante desconocida por la ciencia. Luego de este inesperado hallazgo se dedicó a investigar estos singulares rayos que denominó rayos X por no saber su exacta naturaleza. El descubrimiento de Roentgen y la evaluación rápida de la potencialidad de los rayos X, fue motivo para que se le otorgara el primer Premio Nobel de Física en el año 1901

Con este descubrimiento en el año 1895 se da lugar al nacimiento de la radiografía, además sin duda alguna, es uno de los más grandes acontecimientos que sentó las bases para su desarrollo. Vale mencionar que en el campo de la tecnología, hubo importantes hechos que impactaron el desarrollo clínico, así como nuevas modalidades diagnósticas y aplicaciones terapéuticas que han enriquecido los primeros pasos de Roentgen, los cuales Ugarte, Banasco & Ugarte (2008, pág. 2) mencionan de forma muy breve:

(1886)

- Schleussner desarrolló la primera película radiográfica.
- Williams pública el uso de los rayos X en el diagnóstico cardiológico y en 1887 presenta un examen del tórax.

(1898)

- Cannon y Moser publican su experiencia sobre el examen contrastado del esófago, lo que dio inicio a la radiología digestiva
- Freund y Schiff publican los resultados favorables del uso del rayo X con fines terapéuticos, dando inicio de esta manera a la



radioterapia.

(1903)

- Wittek efectúa la primera cistografía con aire.
- Voecker dos años después lo realiza con solución de plata.

(1904) Schule presenta los resultados del primer examen de colon por enema usando subnitrato de bismuto.

(1905) Werndorff refiere la primera neumoartrografía

(1910) Uhle y Pfahler realizan la primera pielografía retrógrada.

(1912) Schuller divulga su texto de radiología del cráneo

(1913) Salomón efectúa la primera mamografía

(1918) Dandy incorpora la ventriculografía cerebral

(1919)

- Jacobeneus comunica la mielografía gaseosa en el humano
- Sicard lo realiza utilizando lipiodol en 1921

(1921) Burckhardt y Mueller opacan la vesícula por vía percutánea.

(1923) Rowntree describe la pielografía endovenosa y Brooks emplea yodato de sodio en una arteriografía de los miembros inferiores.

(1924) Graham y Cole logran opacar la vesícula por vía oral

(1927) Moniz divulga una arteriografía cerebral.

(1929) Forssmann introduce un catéter uretral en la aurícula derecha

(1930)

- Funaoka consigue opacar los ganglios linfáticos.
- Kinmonth logra desarrollar el método conocido como linfografía en el año 1952

(1931) Ziedes des Plantes incorpora la tomografía

(1939) Stewart realiza la primera cineangiografía

(1946) Bloch y Purcell realizan demostraciones exitosas con la resonancia nuclear magnética, por lo que reciben el premio Nobel en 1952.



- (1962) Sones realiza la primera coronariografía por cateterismo
- (1971) Damadian obtiene por primera vez una imagen humana por resonancia nuclear magnética.
- (1972) Hounsfield crea la tomografía axial computarizada por lo que recibe el premio Nobel en el año 1979 por sus aportes a la ciencia de las imágenes.

### **1.3. Modalidades del diagnóstico por imágenes médicas**

El universo de la imagen en el ámbito médico es amplio, ya que comprende no solo la representación del cuerpo y sus órganos, sino la representación de las características funcionales de los mismos que se expresan como gráficos o curvas, de las imágenes espectrométricas analíticas de los laboratorios de bioquímica, los gráficos de un electrocardiograma, encefalograma, etc., todos ellos considerables en pureza como imágenes de una realidad. En tal sentido, la obtención de la imagen médica implica interaccionar con el paciente irradiándolo con algún tipo de energía. Las modalidades fundamentales son el radiodiagnóstico (emplea rayos X), ecografía (interacción con energía mecánica: ultrasonido) medicina nuclear (radiación gamma) y resonancia magnética (aplica ondas de radio)

Entre las modalidades imagenológicas más importantes utilizadas se pueden mencionar: Ultrasonido (US), Tomografía Computarizada, Resonancia magnética (MRI). En la figura 1 se muestra un esquema muy general que aglomera las diversas modalidades de imagenología para la generación de imágenes médicas.



**Figura 1.** Principales modalidades de imagenología médica  
**Fuente:** Autores 2020

### 1.4. Técnica de diagnóstico por imagen médica

En términos generales, las técnicas de imagen médica se basan en el desarrollo de sistemas capaces de detectar diferentes señales físicas emitidas por el cuerpo (u órgano) objeto de estudio, y que son imperceptibles para el ser humano.

Estas técnicas se clasifican atendiendo al tipo de señal en las que se basan su funcionamiento, de acuerdo con el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (2009), las técnicas de imagen médica “están basadas en el desarrollo de sistemas capaces de detectar diferentes señales físicas emitidas por el cuerpo (u órgano) objeto de estudio, y que son imperceptibles para el ser humano” (pág. 10). De acuerdo con el Observatorio, una vez detectadas, “el propio sistema convierte dichas señales en datos que, al ser a su vez procesados, permiten la formación de una imagen” (pág. 11). Estas técnicas tienen que ver con el diagnóstico basada en la utilización de radiaciones ionizantes y no ionizantes.

- Ionizantes: radiaciones con energía suficiente para ionizar la materia, extrayendo los electrones de sus estados ligados al átomo.
- No ionizantes: onda o partícula que no es capaz de arrancar electrones de la materia que ilumina produciendo, como mucho, excitaciones electrónicas.



**Tabla 1.** Técnicas de diagnóstico basadas en la utilización de radiaciones ionizantes y no ionizantes

Radiación ionizante	Radiación no ionizante
Imagen por Rayos X	Resonancia magnética (RM)
Tomografía computarizada (TC) o Tomografía Axial Computarizada (TAC)	Ecografía
Imagen por Rayos Gamma	
Tomografía Computarizada de Emisión de Fotones Únicos	
Tomografía por Emisión de Positrones	

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la clasificación del Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (2009)

### 1.5. Principios y generalidades de las imágenes diagnóstica

El abanico de métodos de la imagen en medicina es amplio debido a la aparición de nuevas modalidades, diferenciándola entre modalidades morfológicas y funcionales.

- Morfológicas: se caracterizan por obtener imágenes que representan detalladamente la anatomía (alta precisión, comprenden la radiología, la resonancia magnética y la ecografía).
- Funcionales: aportan información sobre el funcionamiento de los órganos o sistema (metabolismo, acumulación de sustancias, entre otras) incluyen la medicina nuclear, la ecografía Doppler y la resonancia magnética funcional.

### 1.6. Rayos X

Son un tipo de radiación electromagnéticas ionizantes que debido a su pequeña longitud de onda (1 o 2 amperios), tienen capacidad de interacción con la materia capaces de atravesar cuerpos opacos de la





misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta y los rayos gamma. Cuanto menor es la longitud de onda de los rayos, mayor es 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.

El tubo de rayos-X produce la radiación en un equipo de radiología, el cual está formado por dos elementos: el ánodo con polaridad positiva y el cátodo con polaridad negativa. Cuando la radiación producida por el tubo de rayos X atraviesa el cuerpo de estudio sufre una atenuación que depende de otros factores de la densidad y espesor de dicho objeto. 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.

### **Radiología**

Tecnología por medio de la cual se obtiene imágenes medicamente diagnosticable haciendo uso de proyecciones frontales del objetos bajo estudio sobre el receptor escogido.

Además de los estudios radiográficos convencionales, actualmente se cuenta con la radiología digital. 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.

Los métodos para obtener imágenes radiográficas digitales son dos:

- Imagen radiográfica digitalizada: la imagen se obtiene mediante



el escaneo o la captura fotográfica de la imagen de una placa radiográfica.

- Imagen radiográfica digital: se obtiene mediante la captura digital directa de la imagen para convertirla en rayo X directamente a señales electrónicas.

## **1.7. Ultrasonido**

La ultrasonografía (US) es una técnica de diagnóstico médico basada en la acción de ondas de ultrasonido. Las imágenes se obtienen mediante el procesamiento de los haces ultrasónicos (ecos) reflejados por las estructuras corporales. El ultrasonido se define 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 a la del sonido audible por el humano: 20,000 ciclos/segundo o 20 kilohertzios (20 KHz).

El ultrasonido utiliza la técnica del eco pulsado; esto es, pulsar eléctricamente un cristal y emitir un haz ultrasónico. La energía ultrasónica se genera en el transductor, que contiene a los cristales piezoeléctricos, éstos poseen la capacidad de transformar la energía eléctrica en sonido y viceversa, de tal manera que el transductor o sonda actúa como emisor y receptor de ultrasonidos. La utilización del ultrasonido en medicina se basa en el fenómeno piezoeléctrico.

Las imágenes ecográficas están formadas por una matriz de elementos fotográficos. Las imágenes en escala de grises están producidas por la visualización de los ecos regresando al transductor como elementos fotográficos (píxeles) variando en brillo en proporción a la intensidad del eco. El transductor se coloca sobre la superficie corporal del paciente a través de una capa de gel para eliminar el aire. Un circuito transmisor aplica un pulso de pequeño voltaje a los electrodos del cristal transductor. Éste empieza a vibrar y transmite un haz ultrasónico



de corta duración, el cual se propaga dentro del paciente, donde es parcialmente reflejado y transmitido por los tejidos que encuentra a su paso. La energía reflejada regresa al transductor y produce vibraciones en el cristal, las cuales son transformadas en corriente eléctrica por el cristal y después son amplificadas.

Debido a que las imágenes por ultrasonido se capturan en tiempo real, pueden mostrar la estructura y el movimiento de los órganos internos del cuerpo, como así también la sangre que fluye por los vasos sanguíneos.

El ultrasonido convencional presenta las imágenes en secciones delgadas y planas del cuerpo. Los avances en la tecnología con ultrasonido incluyen el ultrasonido tridimensional (3-D) que transforma los datos de ondas acústicas en imágenes de 3-D. Las imágenes de un ultrasonido en cuatro dimensiones (4-D) consisten en un ultrasonido en 3-D en movimiento.

La ecografía Doppler es una técnica rápida y adecuada en la evaluación ultrasonográfica de las enfermedades del sistema musculoesquelético. El principio básico de la ecografía Doppler radica en la observación de cómo la frecuencia de un haz ultrasónico se altera cuando se encuentra con un objeto en movimiento. Igualmente esta técnica evalúa la circulación de la sangre a través de los vasos sanguíneos, incluyendo las arterias y venas más importantes del organismo que se encuentran en el abdomen, brazos, piernas y cuello. Existen tres tipos de ultrasonido Doppler:

- Doppler a color: utiliza una computadora para convertir las mediciones Doppler en un conjunto de colores para visualizar la velocidad y la dirección del flujo sanguíneo a través de un vaso sanguíneo.
- Doppler con energía: es una técnica más avanzada que es más sensible que el Doppler a color y es capaz de brindar un mayor



detalle del flujo sanguíneo, especialmente en los vasos que se encuentran dentro de los órganos. No obstante, el Doppler con energía no ayuda al radiólogo a determinar la dirección del flujo, que puede ser importante en algunas situaciones.

- Doppler espectral: en lugar de mostrar las mediciones Doppler en forma visual, el Doppler espectral presenta las mediciones de flujo sanguíneo de manera gráfica, en función de la distancia recorrida por unidad de tiempo.

### **1.8. Tomografía computarizada (TC)**

La tomografía computarizada o conocida también como tomografía axial computada (TAC) es una técnica de diagnóstico por imagen que utiliza la combinación de rayos x y sistemas informáticos para lograr una serie de imágenes transversales que valoradas en su conjunto, ofrecen información de la anatomía en tres dimensiones. Es un método imaginológico de diagnóstico médico, que permite observar el interior del cuerpo humano, a través de cortes milimétricos transversal al eje céfalo-caudal, mediante la utilización de los rayos X. El principio básico de la TAC, es que la estructura interna de un objeto puede reconstruirse, a partir de múltiples proyecciones de ese objeto.

Básicamente un tomógrafo computarizado es un aparato de rayos X en el cual la placa radiográfica ha sido sustituida por detectores. El tubo gira alrededor del paciente y los detectores situados en el lado opuesto, recogen la radiación que atraviesa al paciente. Los datos recogidos por los detectores se envían a un ordenador que integra y reconstruye la información obtenida y la presenta como una imagen morfológica en el monitor de televisión. La reconstrucción de la sección anatómica estudiada se realiza mediante ecuaciones matemáticas adaptadas al ordenador que recibe el nombre de algoritmos

La imágenes obtenidas por el tomógrafo, se presentan de una forma determinada al médico, éste al visualizar el corte lo piensa como si es-



tuviera mirando al paciente desde los pies. Con la tomografía computarizada se obtienen imágenes de las diversas estructuras anatómicas con densidades variables, tanto de los huesos como de los tejidos, incluyendo órganos, músculos y tumores. La escala o niveles de grises de la imagen pueden ser manipulados o ajustados de manera que puedan contrastarse y en consecuencia diferenciar mejor tejidos de densidades similares. Gracias a los desarrollos de software, la información de múltiples cortes transversales puede conformar imágenes tridimensionales y presentarlas en movimiento.

Los diferentes tipos de tomógrafos están relacionados con los diferentes desarrollos tecnológicos a lo largo del tiempo, a los cuales se les conoce como generaciones.

- Primera generación de tomógrafos estaba integrada por un haz de rayos X finamente colimados y un único detector; los cuales se trasladaban a lo largo del paciente y rotaban entre cada translación sucesiva. Requerían al menos de 5 minutos para completar el rastreo.
- Segunda generación se fundamentó también en la rotación y translación, pero incorporaban un detector múltiple. Sin embargo presentaba problemas con la alta radiación dispersa. Mejoraron el tiempo requerido (20 segundos o más) para el rastreo o escaneo gracias al arreglo de los 5 a 30 detectores que incorporaban.
- Tercera generación mejoró aún más el tiempo requerido para el rastreo (1 segundo) gracias a que el tubo de rayos X y el arreglo de detectores rotaban concéntricamente alrededor del paciente. A diferencia de la segunda generación, el arreglo de detectores es curvo e incorpora un mayor número de detectores. (Tomografía helicoidal)
- Cuarta generación tiene una configuración rotatoria para el tubo de rayos X y estacionaria para el arreglo de detectores, que son alrededor de 8,000 y se encuentran circunscritos a un círculo.



Los detectores están arreglados en una matriz o retícula, de manera que pueden capturar dos o más cortes en cada vuelta del emisor. El tiempo de rastreo también es de un segundo y pueden variar el ancho de cada corte.

- Quinta generación de tomógrafos promete incorporar mejoras en la calidad de imagen así como en la disminución de la dosis de radiación al paciente. Algunos adelantos se enfocan a nuevos movimientos del tubo de rayos X o el arreglo de detectores, o ambos. Los incrementos de velocidad en la adquisición de las imágenes han hecho posible el cine en tomografía (muy útil por ejemplo en aplicaciones cardiológicas). Los diferentes adelantos en software hacen posible la navegación virtual dentro de las diferentes estructuras o la visualización específica de determinados órganos.

### **1.9. Resonancia magnética**

La formación de una imagen por resonancia magnética (IRM), conocida también como tomografía por resonancia magnética, es una técnica o proceso no invasivo, es más bien un diagnóstico por imagen, que se basa en ondas de radiofrecuencia emitidas por los protones del tejido examinado, luego de ser expuestos a un campo magnético. La señal que emite cada protón es capturada y procesada por una computadora y a la vez ésta las transforma a imágenes de alta calidad. Se debe aclarar que a diferencia de los rayos convencionales esta técnica no emite radiaciones. En este aspecto, es un método topográfico de emisión cuyas principales ventajas sobre otros métodos de imagen son:

- Su capacidad multiplanar, con la posibilidad de obtener cortes o planos primarios en cualquier dirección del espacio.
- Su elevada resolución de contraste, que es cientos de veces mayor que en cualquier otro método de imagen,
- Ausencia de efectos nocivos conocidos al no utilizar radiaciones ionizantes.



- Amplia versatilidad para el manejo del contraste.

La generación de imágenes mediante resonancia magnética se basa en recoger las ondas de radiofrecuencia procedentes de la estimulación de la materia sometida a la acción de un campo electromagnético. La energía liberada por los protones (que tiene la misma frecuencia que la del pulso de radiofrecuencia recibido) al volver al estado de equilibrio, es captada por un receptor y analizada por un ordenador que la transforma en imágenes. Estas imágenes son luego impresas en placas.

En este sentido, la imagen por resonancia magnética depende de las propiedades del spin del núcleo de ciertos átomos en el tejido y fluidos corporales y su comportamiento bajo un campo magnético fuerte, por lo que los átomos de hidrógeno son los más adecuados para la resonancia magnética debido a la abundancia de este elemento en el cuerpo humano.

Al someterse los protones de un átomo a campo magnético fuerte, estos se alinean de forma paralela o antiparalela respecto al campo. Este movimiento genera una frecuencia de precisión la cual proporcional a la fuerza del campo magnético que actúa sobre el átomo y única para cada uno.

La clasificación de las subespecialidades radiológicas puede basarse en órganos y sistemas, en modalidades de imagen o en campos de subespecialidad. Subespecialidades por sistemas orgánicos son neuroradiología, radiología musculoesquelética, de la mama, torácica, abdominal, gastrointestinal y genitourinaria. Ultrasonidos, TEP y RM son técnicas o modalidades de imagen, en la tabla 2

**Tabla 2.** Modalidades y técnicas de imágenes médicas

Modalidad	Objeto de estudio	Energía transmitida	Energía recibida
Radiología convencional	Tejido duro y blando	Rayos X	Rayos X



Radiología digital computarizada	Tejido duro y blando	Rayos X	Rayos X
Tomografía computarizada	Tejido duro y blando	Rayos X	Rayos X
Ultrasonido	Tejido blando	Sonido	Sonido
Doppler	Flujo sanguíneo	Sonido	Sonido (variación frecuencial)
Resonancia magnética	Tejido blando	Radiofrecuencia (RF)	Radiofrecuencia (RF)

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la clasificación Pedrosa (2008)

### 1.10. Exámenes imagenológicos en el diagnóstico clínico

La utilización de las distintas técnicas imaginológica va a depender de los diferentes síntomas y signos observados. En este sentido, se debe tener en cuenta que sólo debe acudir a estas técnicas cuando los exámenes rutinarios y el diagnóstico clínico ofrecen resultados confusos. Por otra parte, en cuanto al método o técnica diagnóstica por imagen más adecuado, se deberá considerar aquel que ofrezca menos riesgos para el paciente y emita un resultado que garantice confianza, efectividad, eficacia, exactitud y eficiencia. A continuación en la tabla 3 aparecen las modalidades diagnósticas de estudio.

**Tabla 3.** Niveles de estudio para la aplicación de modalidades diagnóstica por imagen

Nivel	Modalidades diagnóstica
I	Radiografía convencional
	Tomografía lineal convencional
	Ultrasonografía
	Ecocardiografía





II	Radiografías complejas
	Ultrasonografías complejas
	Mamografía
	Tomografía axial computarizada
	Gammagrafía
III	Resonancia magnética por imágenes
	Gammagrafías complejas

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la clasificación propuesta por Ugarte, Banasco, & Ugarte (2008, pág. 18)

### 1.11. Radiografía

Los exámenes radiológicos son considerados como uno de los más importantes en el diagnóstico médico. La técnica radiológica refiere a las diferentes proyecciones que se utilizan en los casos patológicos que se está estudiando. La variedad de proyecciones se aplicarán de acuerdo a la necesidad y sector del cuerpo lesionado, siendo las más comunes: proyecciones AP (antero posterior), proyecciones laterales, proyecciones oblicuas, proyecciones axiales y proyecciones especiales en determinados casos para estudiar regiones focalizadas.

Los exámenes radiológicos se clasifican en:

- Radiografías convencional o simple: se considera el examen más sencillo y sirve para obtener la primera orientación diagnóstica en una gran variedad de patologías, especialmente relacionadas a problemas óseos, accidentes con politraumatismos, fracturas, problemas respiratorios, además para observar la sombra cardíaca, también suelen utilizarse en estudios solicitados por los traumatólogos, por ejemplo, en serie ósea, para mediciones, etc., radiografías de mano o de los dedos ante la sospecha de una fisura o de una fractura o simplemente de un traumatismo. En odontología, también utilizan las radiografías simples, tanto las periapicales aplicadas a las piezas dentales, las radiografías



oclusales, las radiografías cefalométricas y panorámicas muy usadas en ortodoncia. No obstante, la indicación de estas pruebas siempre debe estar fundamentada y si se solicita es porque puede influir en la toma de decisiones con el paciente.

- Radiografía complejas: en este tipo de exámenes se incluyen todos aquellos contrastado por vía oral, rectal e intravenosa.

### **1.12. Tomografía computarizada**

La tomografía computarizada, más comúnmente conocida como exploración por TC o TAC, es un examen médico de diagnóstico por imágenes. Al igual que los rayos X, produce múltiples imágenes o fotografías del interior del cuerpo. Las imágenes por TAC de los órganos internos, huesos, tejidos blandos o vasos sanguíneos, brindan mayores detalles que los exámenes convencionales de rayos X, particularmente en el caso de los tejidos blandos y los vasos sanguíneos.

Normalmente las tomografía de cráneo, tórax y abdomen se hacen con contraste para que pueda visualizarse mejor las estructuras y sea posible distinguir fácilmente los diferentes tipos de tejidos.

Generalmente la tomografía computarizada no es la primera opción del examen diagnóstico, ya que la radiación es utilizada para generar imágenes. En la mayoría de las ocasiones el médico recomienda otros exámenes como rayos X, dependiendo del lugar del cuerpo.

### **1.13. Gammagrafía**

Las exploraciones de medicina nuclear se pueden clasificar en medicina nuclear convencional (gammagrafía) y medicina nuclear por tomografía por emisión de positrones (PET),

#### **Gammagrafía**

Técnica diagnóstica que utiliza sustancias radiactivas (isótopos) para estudiar la anatomía y el funcionalismo de diferentes órganos y tejidos



del cuerpo

La gammagrafía consiste en la obtención de imágenes gammagráficas de la zona anatómica que se desea estudiar mediante el empleo de una fuente emisora de rayos gamma (radiofármaco o sonda), una fuente captadora de rayos gamma (gammacámara) y de un ordenador. La base de funcionamiento de la gammagrafía reside en que tras la administración de un tipo específico de radiofármaco que se habrá seleccionado previamente en función del tejido que se desea analizar, éste se acumulará en mayor o menor concentración sobre dicho tejido y comenzará a emitir una radiación gamma de mayor o menor intensidad en función de la cantidad de radiofármaco acumulado.

Las diferentes radiaciones gamma emitidas serán captadas por la gammacámara dando lugar a diferentes imágenes gammagráficas que serán enviadas a un ordenador para su definición y su estudio posterior. En función de la zona anatómica que se quiera estudiar, la gammagrafía puede tener diferentes nombres, los más comunes son gammagrafía ósea y gammagrafía de tiroides.

### **1.14. Mamografía**

La mamografía es una radiografía especial de toda la mama que comprende no sólo la glándula, sino su extensión yuxta-axilar, axilar y planos profundos pretorácicos. Actualmente es considerada como el primer y único test de elección para la detección temprana de cáncer de mama en mujeres asintomáticas. Es una técnica radiológica especialmente compleja debido a la arquitectura de la mama. Ésta se compone de tres tipos de tejidos (adiposo, fibro-conectivo y glandular) distribuidos dentro de la mama sin seguir un patrón fijo, variando de mujer a mujer así como con la edad.

La imagen mamográfica es producida de la misma forma que la imagen de radiografía convencional. Un haz de rayos X proveniente de



una fuente casi puntual incide sobre la mama comprimida y la fracción del haz que es transmitida a través del tejido queda registrada en un receptor de imagen. Debido a la dispersión del haz de rayos X a partir de la fuente, las estructuras dentro de la mama son amplificadas según son proyectadas en el receptor de imagen. Esta imagen producida, no es más que el resultado de la atenuación diferenciada de los rayos X a su paso por estas estructuras.

### **Mamografía**

Método de obtención de imagen muy eficaz para detectar, diagnosticar y orientar el tratamiento de una gran variedad de enfermedades de la mama, especialmente el cáncer

Se trata de un modo de diagnóstico por imágenes de más delicada ejecución por la característica tisular de las mamas y las pequeñas lesiones que deben ser detectadas por el estudio.

Los métodos para la obtención de la imagen mamográfica son:

- Mamografía convencional o analógica: se obtiene usando detectores pantalla-película, que graban los fotones de radiación que pasan a través de la mama.
- Mamografía digital directa- DR: basados en detectores que producen una imagen no continua sino constituida por pequeños elementos separados (píxeles). Utilizan una computadora para adquirir, procesar, almacenar y transferir las imágenes. Mide directamente los fotones de radiación que pasan por la mama.
- Mamografía digital indirecta: utiliza chasis similares a los analógicos, pero en lugar de la placa radiológica contiene una placa de fósforo fotoestimulable que almacena la información recibida al efectuar la mamografía y la mantiene en forma latente.

### **1.15. Resonancia magnética**

Un examen de imágenes por resonancia magnética (MRI) es una forma



especial de ver dentro de su organismo. Es diferente a una radiografía, lo que lo hace un método que carece de los riesgos propios de las radiaciones ionizantes y a la vez permite la obtención de imágenes anatómicas tridimensionales de gran detalle, las cuales se usan frecuentemente para la detección de enfermedades, su diagnóstico y el monitoreo del tratamiento.

Una de sus ventajas, es que las imágenes obtenidas por este método es el aumento de contraste en el tejido blando, lo que permite distinguir entre tejido sano y enfermo, lo que le permite al médico a evaluar, entre otro, el progreso de los tratamientos aplicados.

Se la utiliza principalmente en medicina para observar alteraciones en los tejidos y detectar cáncer y otras patologías. Entre sus aplicaciones están:

- Detección de afecciones del sistema nervioso central, cerebro y médula espinal
- Neurológicas: proporciona imágenes de mayor resolución que la tomografía computada (TC) para las estructuras nerviosas. Permite detectar además cerebrales, tumores, trombosis venosas, placas de desmielinización (esclerosis múltiple) e infartos cerebrales. Casi todas las anomalías cerebrales presentan alteraciones en el contenido de agua, que se consigue registrar con la RM. Una diferencia en el contenido acuoso de menos del uno por ciento es suficiente para detectar los cambios patológicos.
- Desordenes muscoesqueléticos y en ojos.
- Cardiovasculares: en colaboración con la radiografía, la TC o el ecocardiograma. Se puede estudiar el corazón así como las arterias y las venas.
- Otorrinolaringología: alteraciones de oídos, senos paranasales, boca y garganta.
- TumORALES: permite detectar alteraciones tumorales de cualquier tipo y en cualquier órgano.



- Problemas estructurales del corazón, próstata y vejiga.
- Aparato locomotor: permite localizar lesiones óseas o musculares de todo tipo y en cualquier región del organismo. Es el único procedimiento que permite ver el ligamento.

## 1.16. Ecografía

La ecografía es una técnica de diagnóstico por imagen basada en la utilización de ultrasonidos, es un procedimiento de imagenología que emplea ondas sonoras de alta frecuencia sobre un cuerpo u objeto para obtener datos que se registran en un ordenador y se procesan para crear imágenes de los órganos que se estudian

### Ecografía

Técnica diagnóstica que emplea el ultrasonido para definir los órganos del cuerpo humano. Cada uno de los tejidos del cuerpo humano proporciona una determinada propiedad acústica en virtud de lo cual la ecografía genera unas imágenes que representan al órgano.

Existen muchos tipos de estudios que emplean este método, de entre los más importantes destacan los siguientes:

- Ecografía intervencionista: ayuda al cirujano en una operación o en una biopsia.
- Ecografía Doppler: evalúa el flujo sanguíneo. Puede determinar si existe algún problema en las venas y arterias.
- Ecocardiograma: muestra imágenes precisas del corazón y sus válvulas y examina el bombeo del corazón.
- Ecografía abdominal: analiza las estructuras abdominales como el hígado, la vesícula biliar o los riñones.
- Ecografía obstétrica o del embarazo: utilizada para asegurarse del desarrollo normal del feto durante el embarazo. Incluso puede determinar el sexo del feto.
- Ecografía transvaginal: obtiene imágenes del útero y los ovarios.
- Ecografía mamaria: evalúa una masa en el tejido de la mama.

- Ecografía testicular: puede revelar anomalías en el escroto.
- Ecografía transrectal: usada para detectar el cáncer de próstata.
- Ecografía de la tiroides: utilizada para examinar la glándula de la tiroides del cuello.

# **CAPÍTULO II**

## **RADIOLOGÍA BÁSICA**









## Introducción

La radiología utiliza los rayos X para visualizar las estructuras del cuerpo. Las exploraciones con rayos X se pueden obtener en forma de imágenes (radiografías) o como películas que se ven en una televisión (fluoroscopia). Una radiografía consiste en la obtención de una imagen de la zona anatómica que se radiografía y de los órganos internos de la misma por la impresión en una placa fotográfica de una mínima cantidad de radiación, que se hace pasar por esa zona del cuerpo. Cada tipo de tejido del organismo deja pasar cantidades distintas de esta radiación, por lo que la placa se impresiona con más o menos intensidad en cada zona, según el tejido que tiene delante. Las radiografías obtenidas muestran la anatomía del cuerpo humano en una escala de grises. Estos grises son más oscuros en las áreas que no absorben bien la radiación y más claros en áreas densas.

### **2.1. Imágenes por rayos X ¿Qué son los rayos X médicos?**

Los rayos X son una forma de radiación electromagnética, similares a la luz visible. Sin embargo, a diferencia de la luz, los rayos X tienen una mayor energía y pueden pasar a través de la mayoría de los objetos, incluyendo el cuerpo.

#### **Rayo X**

Es un paquete discreto de energía electromagnética llamada fotón. Desde este punto de vista, es similar a otras formas de energía electromagnética como la luz visible, infrarrojos, ultravioleta, ondas de radio o rayos gamma

Los rayos X interactúan con la materia primariamente mediante la interacción de su campo eléctrico oscilante con los electrones del material. Al no tener carga eléctrica, los rayos X son más penetrantes que otros tipos de radiaciones ionizantes (como las partículas alfa o beta), por lo que son útiles para obtener imágenes del cuerpo humano. Los



rayos X pueden ser absorbidos o dispersados por los electrones de los átomos. En el proceso de absorción (efecto fotoeléctrico o absorción fotoeléctrica) el fotón de rayos X es absorbido por completo, cediendo toda su energía a un electrón de las capas internas del átomo, que es expulsado del átomo y va a ionizar a otros átomos en la vecindad inmediata de la interacción inicial.

Los rayos X médicos se utilizan para generar imágenes de los tejidos y las estructuras dentro del cuerpo. Si los rayos X que viajan a través del cuerpo también pasan a través de un detector de rayos X al otro lado del paciente, se formará una imagen que representa las sombras formadas por los objetos dentro del cuerpo. Un tipo de detector de rayos X es la película fotográfica, aunque existen muchos otros tipos de detectores que se utilizan para producir imágenes digitales. Las imágenes de rayos X que resultan de este proceso se llaman radiografías.

### **2.2. Radiología convencional**

La radiología convencional sigue siendo una herramienta anatómica fundamental en la detección y diagnóstico de enfermedades en el tórax, abdomen, pelvis, mamas y huesos; y continúa siendo utilizada en la evaluación inicial del paciente. La radiografía convencional implica el uso de rayos X, el cual genera un haz de rayos X que pasa a través de un paciente a un trozo de película o un detector de radiación para producir una imagen.

La absorción de los rayos X por el organismo depende del tipo de radiación, que puede ser blanda, referidas a altas longitud de ondas y bajo poder de penetración, o duras referida a baja longitud de ondas y mayor poder de penetración. Los diferentes tejidos blandos atenúan los fotones de rayos X de forma diferente, dependiendo de la densidad del tejido; cuanto más denso es el tejido, más blanca (más radiopaca) es la imagen. La gama de densidades, de más a menos densa, está representada por el metal (blanco o radiopaco), el periostio (menos



blanco), el músculo y el líquido (gris), el tejido adiposo (gris oscuro) y el aire o el gas (negro o radiolúcido).

La propiedad de los rayos X de atravesar la materia con diferentes absorciones hace que el cuerpo humano pueda dividirse en 5 densidades fundamentales dependiendo de la sustancia y de su estado físico., tal como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4.** Densidades del cuerpo humano y efectos de los rayos X

Densidades	Efectos sobre la placa
Aire: Presente en la vía aérea	Negro (radiolúcido)
Grasa: presente en el tejido celular subcutáneo	Gris
Agua: incluye la sombra de los músculos, vasos sanguíneos, corazón	Gris pálido, a menudo blanco (radioopaco)
Calcio: incluye esqueleto óseo, cartílagos calcificados	Prácticamente blanco
Metal: presente en cuerpos metálicos como clips quirúrgicos	Blanco absoluto

**Fuente:** Farreras (2007)

Para la obtención de radiografías convencionales la película radiográfica se mete dentro de un chasis, colocada a modo de sandwich entre dos hojas o pantallas fluorescentes. Éstas brillan cuando reciben rayos X; y es fundamentalmente la luz proveniente de dichas pantallas la que impresiona la película.

Es importante resaltar que los rayos X son absorbidos por diferentes partes del cuerpo en variables grados. Los huesos absorben gran parte de la radiación mientras que los tejidos blandos, como los músculos, la grasa y los órganos, permiten que más de los rayos X pasen a través de ellos. En consecuencia, los huesos aparecen blancos en los rayos X, mientras que los tejidos blandos se muestran en matices de gris y el aire aparece en negro.



### **2.3. Materiales y Equipos**

- Equipo de Rayos X que contenga una mesa con tope flotante o telecomandada.
- Gaveta para cassette de radiología.
- Bucky que contenga la rejilla fija que oscile.
- Un tubo de rayos X con su cono colimador.
- Cable de alta tensión que contenga un generador y su transformador eléctrico.
- Película.
- Cámara identificadora de nombre.
- Chaleco plomado.
- Sacos acomodadores.
- Cojines de acomodación.
- Material plomado de radio-protección.
- Área de revelado.

### **2.4. Radiología digital o computarizada**

Ha venido sustituyendo la radiología convencional y es el término utilizado a la radiología que obtiene imágenes directamente en formato digital. Esta técnica usa una placa de fósforo fotoestimulable montada dentro de un chasis para capturar y registrar los rayos X transmitidos, en forma de electrones atrapados. Cuando se hace un barrido de placa expuesta mediante un haz láser de baja energía, se estimula la liberación de los electrones y la energía asociada se usa para codificar la imagen digital o en escala de grises. La diferencia con la radiología convencional es la sustitución del chasis de la película fotográfica por un chasis con una lámina de fósforo fotoestimulante.

La radiología digital utiliza un chasis que contiene una hoja de un material de fósforo fotoestimulable que almacena la imagen de rayos X en forma de electrones atrapados, que luego se leen por un escáner con un haz láser que libera los electrones de sus trampas. Al liberarse, es-



tos electrones hacen que el fósforo emita luz, con una longitud de onda menor que la del haz láser. Esta señal luminosa se lee y se digitaliza, formando los datos de la imagen digital.

## **2.5. Radiología digital directa**

Esta tecnología destaca por no utilizar chasis y consiste en un conjunto o matriz digital de detectores de radiación (flatpanel) montado de forma fija en el equipo de rayos X. En este caso la imagen digital se transforma directamente en una señal eléctrica por una fina matriz de elementos transistores de pequeño grosor; que crea una imagen digital con un tamaño del píxel de 0.2 mm o menor.

## **2.6. Radiografía del Tórax**

La radiografía de tórax es una de las exploraciones que mejor relación coste-eficacia tiene en la detección de patología en individuos asintomáticos. Constituye una prolongación del examen físico general y es indispensable en muchísimas situaciones, incluso el examen preoperatorio, siendo la radiografía posteroanterior (PA) y lateral o perfil la unidad básica para el diagnóstico radiológico:

- en la incidencia posteroanterior, debido al corazón y a los diafragmas, ya que no se visualiza una parte importante de la región retrocardíaca y la de los lóbulos inferiores de ambos pulmones, debiendo la radiografía lateral acompañar a esta proyección.
- lateral o perfil es importante para visualizar patologías en áreas concretas del parénquima, para lesiones del mediastino y la evaluación bronquial.

El equipo generalmente utilizado para la radiografía de tórax consiste en un aparato con la forma de una caja que contiene la película de rayos x o una placa especial que registra digitalmente la imagen y un tubo de rayos x, que por lo general se coloca a 1.80 m de distancia.



En una radiografía de tórax, las costillas y la columna absorberán gran parte de la radiación y se visualizarán en blanco o gris claro en la imagen. El tejido pulmonar absorbe poca radiación y aparecerá en negro en la imagen.

La terminología empleada para para los efectos de la exploración son:

- Proyección: término que se utiliza para determinar el camino que recorre el haz de rayos, desde que sale del tubo hasta que atraviesa el cuerpo del paciente.
- Posición: término se utiliza específicamente cuando se quiere demostrar, qué parte del cuerpo está en contacto con la placa

### **2.7. Técnicas de exploración**

El examen de rayo X del tórax se utiliza generalmente como pesquisa en el diagnóstico y debería ser el primer estudio radiológico solicitado para evaluar enfermedades del tórax. El contraste natural que ofrecen los pulmones aireados constituye una auténtica ventana que permite estudiar enfermedades del corazón, los pulmones, la pleura, el árbol traqueobronquial, el esófago, los ganglios linfáticos torácicos, el esqueleto torácico, la pared del tórax y el abdomen superior.

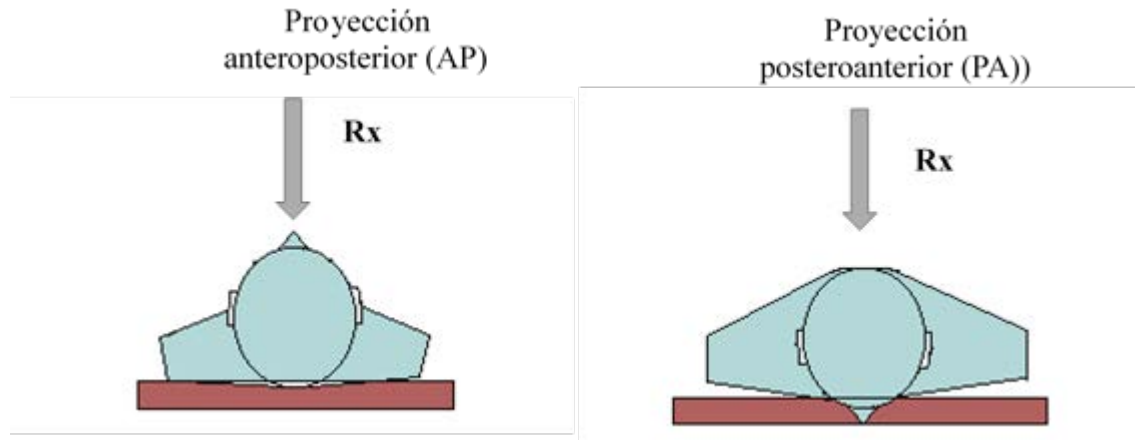
### **2.8. Radiografía póstero-anterior**

El estudio convencional más elemental del tórax consta de radiografía posteroanterior y lateral adquiridas con equipos radiográficos especialmente diseñados para estos estudios. Este tipo de radiografía sirve para estudiar la estructura pulmonar y la silueta cardiaca, también los hilios y el diafragma.

- Proyección anteroposterior (AP): cuando el rayo central atraviesa el cuerpo por la superficie anterior y sale por la posterior. se obtiene con el paciente frente al chasis y la fuente del haz de rayos X por detrás de él, de tal forma que el rayo X viaja en una

dirección posteroanterior. (figura 2).

- Posteroanterior (PA): cuando el rayo lo atraviesa por la superficie posterior y sale por la anterior. (figura 2).



**Figura 2.** Proyecciones del tórax de frente

### Procedimiento

Preparación del paciente: en este tipo de exámenes, más que una preparación del paciente es importante su cooperación y adiestramiento para mantener la posición deseada y para que suspenda la respiración temporal en inspiración o espiración durante el tiempo requerido

Posición para la radiografía PA de tórax

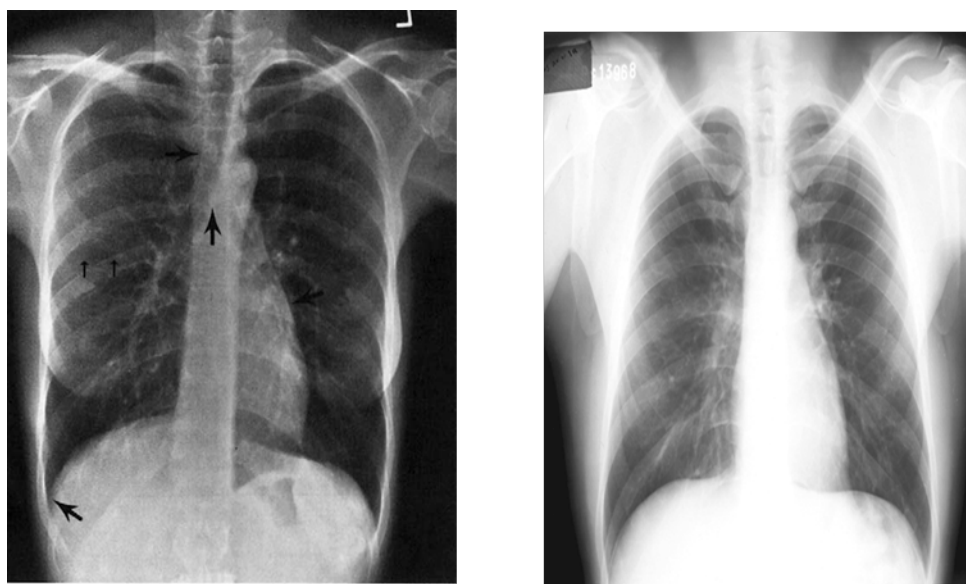
Posición del paciente:

- **De pie**, pies ligeramente separados, peso distribuido uniformemente sobre ambos pies. - Mentón elevado apoyado sobre el receptor de imagen.
- Manos en la cintura, palmas hacia afuera, codos parcialmente flexionados.
- Hombros rotados hacia adelante, contra el receptor de imagen para permitir que las escápulas se alejen de los campos pulmonares. Hombros descendidos para mover las clavículas por debajo de los vértices

Indicación: el paciente de pie apoyando el pecho en el estativo o buc-



ky mural, el borde superior del chasis va dos centímetros por encima de la superficie de los hombros, con ambas manos en la cintura y los codos y hombros bien hacia delante, con el fin de sacar a las escápulas de los campos pulmonares. Se le indica que respire profundamente y contenga el aire. Así, en apnea, se realiza el disparo. El rayo entra perpendicular al chasis, en un punto medio de una línea imaginaria, que une ambos ángulos inferiores de los omóplatos. La distancia entre el tubo de rayos y el paciente debe ser de 1.80 m. De esta manera se logra que la silueta cardíaca sea lo más real posible. (Figura 3).



**Figura 3.** Representación en la radiografía de tórax póstero-anterior

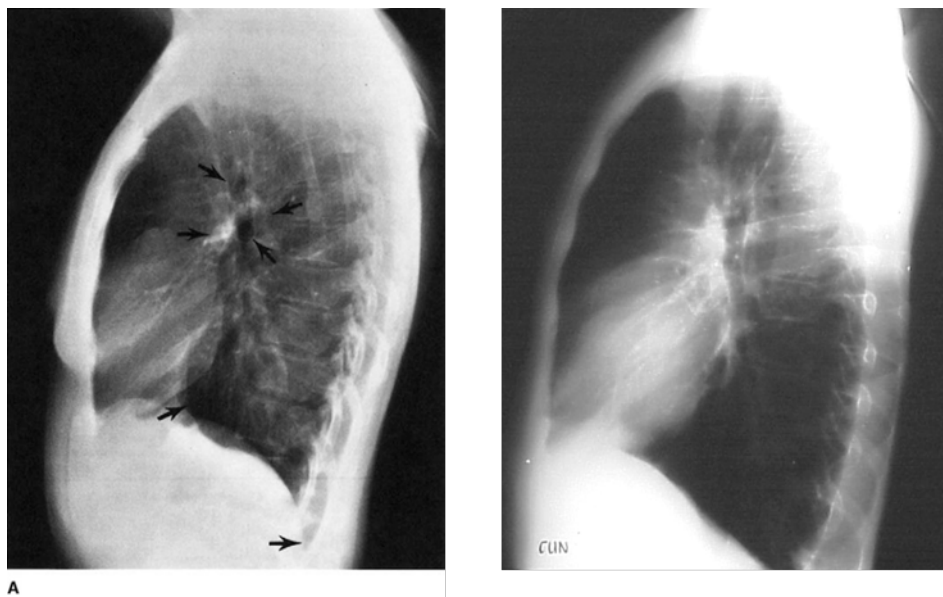
### 2.9. Perfil Izquierdo

Esta posición sirve para evaluar los campos pulmonares, silueta cardíaca, mediastino anterior y posterior, espacio retrocardíaco y la aorta. Se obtiene girando al paciente 90°, y apoyando su lado izquierdo contra el chasis con los brazos levantados por encima de la cabeza. El haz de rayos X atraviesa al paciente de derecha a izquierda y esta proyección se denomina lateral izquierda



## Procedimiento

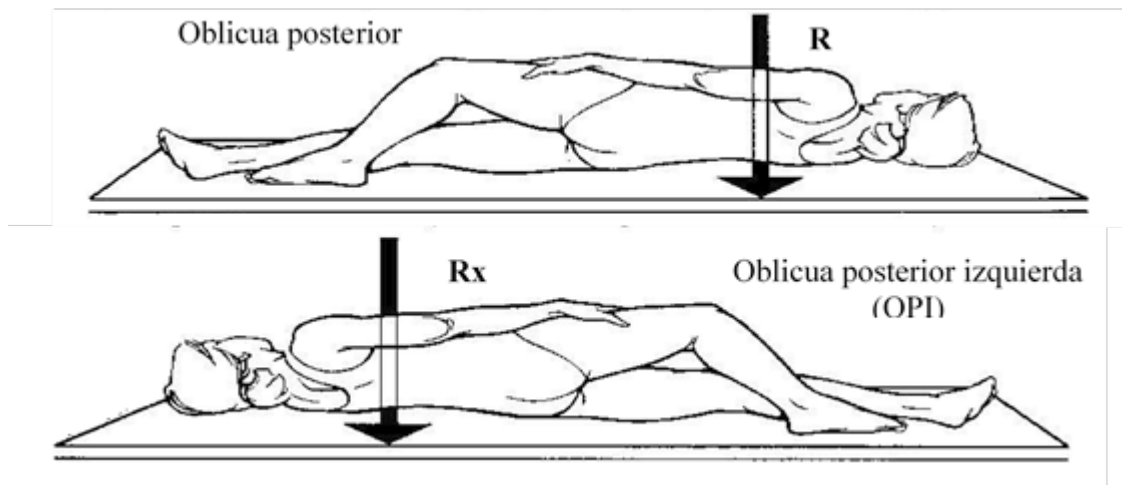
Indicaciones: se realiza con el paciente parado de perfil estricto, con el hemitórax izquierdo apoyado en el bucky o estativo, con los brazos elevados y las manos entrelazadas detrás de la nuca. Ambos codos deben llevarse hacia delante y orientados a la línea media. Antes del disparo, el paciente hace una respiración bien profunda y retiene el aire. El rayo central entra perpendicular al chasis, al centro del tórax y en la línea axilar media, con el tubo a 1.80m de distancia (igual al tórax frente). (Figura 4).



**Figura 4.** Representación en la radiografía de tórax perfil izquierdo

### 2.10. Proyecciones oblicuas

Las proyecciones oblicuas hacen referencia cuando un paciente está rotado a 45° hacia el lado derecho o izquierdo y el rayo central ingresa por la superficie posterior del cuerpo. A este tipo de proyecciones del tórax se le nombra de acuerdo con el lado que ingresa el rayo en el cuerpo del paciente, y se tendrá una proyección oblicua posterior derecha (OPD) o posterior izquierda (OPI). (Figura 5).



**Figura 5.** Proyecciones oblicuas del tórax

### Procedimiento

En paciente de pie se le apoya en la superficie anterior del tórax en el estativo o brucky, al cual se le pide que apoye el hemitórax izquierdo y rote el cuerpo 45° al lado contrario. El rayo entra en un punto medio entre la columna y el reborde costal derecho perpendicular al chasis. La distancia del foco es de 1,80 mtr.



**Figura 6.** Posición oblicua del paciente y representación radiográfica del tórax



## 2.11. Criterios de calidad radiográficos

Sobre la base que un examen radiológico de buena calidad es aquel que entrega una información completa y fidedigna, se debe verificar que se ha realizado un examen técnicamente adecuado. En tal sentido, para Chiles & Choplin (2013, pág. 128) una radiografía de tórax se considera adecuada cuando reúne las siguientes características:

- La placa debe incluir la totalidad del tórax, desde los vértices pulmonares hasta el fondo de los recesos costodiafragmáticos (CD) tanto en proyección frontal como lateral.
- Las articulaciones esternoclaviculares se deberán ver equidistantes una de la otra con respecto a la columna vertebral. Esta observación determinará que el tórax no este rotado. En un tórax rotado hay ciertas imágenes que pueden desvirtuarse
- Haber obtenido una buena imagen de los campos pulmonares y esto es, verse con claridad la trama de los pulmones y los hilos correspondientes. La columna dorsal no debe estar incluida en la imagen radiológica. Sólo las cuatro primeras vértebras se podrán visualizar

Según las Directrices Europeas (citado en Chan, Thapa , Paudel , Pokharel & Joshi, 2010) sobre criterios de calidad de las imágenes radiográficas para el diagnóstico se toman en cuenta los siguientes puntos:

- Realizar la toma radiográfica en plena inspiración (según la evaluación de la posición de las costillas por encima del diafragma - ya sea sexto arco costal anterior o décimo arco costal posterior) y con la respiración suspendida durante la exposición.
- Reproducción simétrica del tórax, se muestra por la posición central de la apófisis espinosa entre los extremos mediales de las clavículas.
- Borde medial de la escápula debe estar fuera de los campos



- pulmonares. - La reproducción de toda la caja torácica por encima del diafragma.
- Visualmente reproducción nítida del patrón vascular en todo el pulmón, en particular los vasos periféricos.
- Reproducción visualmente nítida de: la tráquea y bronquios proximales, las fronteras del corazón y la aorta, el diafragma y los ángulos costo-frénico laterales.
- Visualización del pulmón retrocardíaco y el mediastino. - La visualización de la columna vertebral a través de la sombra del corazón

### **2.12. Radiografía del abdomen**

La utilización de las radiografías simples de abdomen en la valoración de las enfermedades abdominales se ha visto modificada por el empleo generalizado de nuevas técnicas como la ecografía, la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). Las radiografías simples fundamentalmente se utilizan para valorar calcificaciones, perforaciones intestinales y obstrucciones.

La exploración radiográfica simple de abdomen, según Pedrosa (2008, pág. 65) es útil en tres tipos de circunstancias:

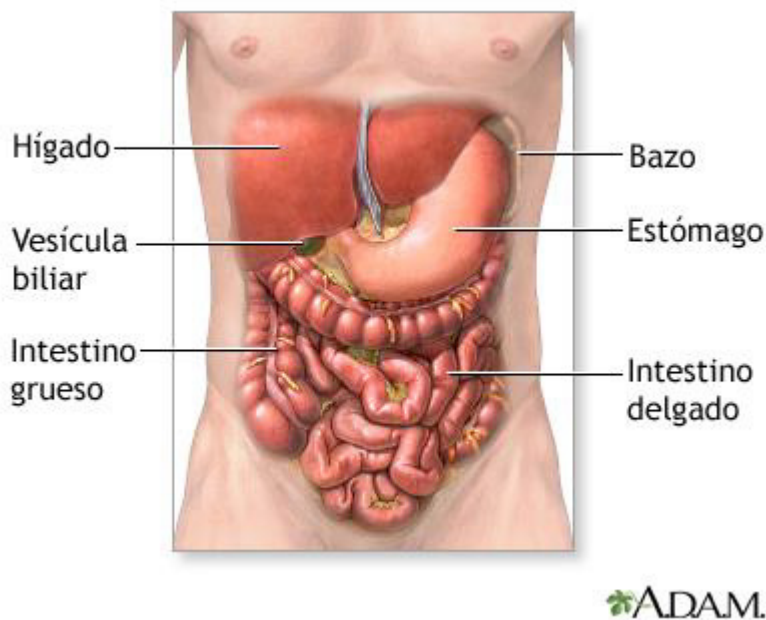
- En la exploración de un probable abdomen agudo
- En el seguimiento de enfermedades crónicas ya diagnosticadas del tubo digestivo, y
- Como radiografía previa a una exploración de contraste del tubo digestivo con sulfato de bario o yodo hidrosoluble.

La radiografía simple de abdomen más habitual es la proyección anteroposterior (AP) con el paciente en decúbito. Cuando la sospecha clínica es un cuadro abdominal agudo, también se necesitan una radiografía de abdomen en bipedestación y una posteroanterior (PA) de tórax. Desde el punto de vista del examen del abdomen, conviene



tener presente las estructuras que están contenidas en él y la forma de reconocerlas: su ubicación, tamaño y las alteraciones que pueden presentar.

En el abdomen se ubica gran parte del sistema digestivo, incluyendo el tubo digestivo, hígado, vesícula, páncreas; los riñones y estructuras urológicas; las glándulas suprarrenales, el bazo (figura 7), y en la mujer, su sistema reproductivo, incluyendo ovarios, trompas y útero.



**Figura 7.** Anatomía de la cavidad abdominal

Cada una de estas estructuras tiene una ubicación y tamaño, desempeña funciones y es fuente de alteraciones y enfermedades. Los límites de la cavidad abdominal son:





### Límites internos de la cavidad abdominal

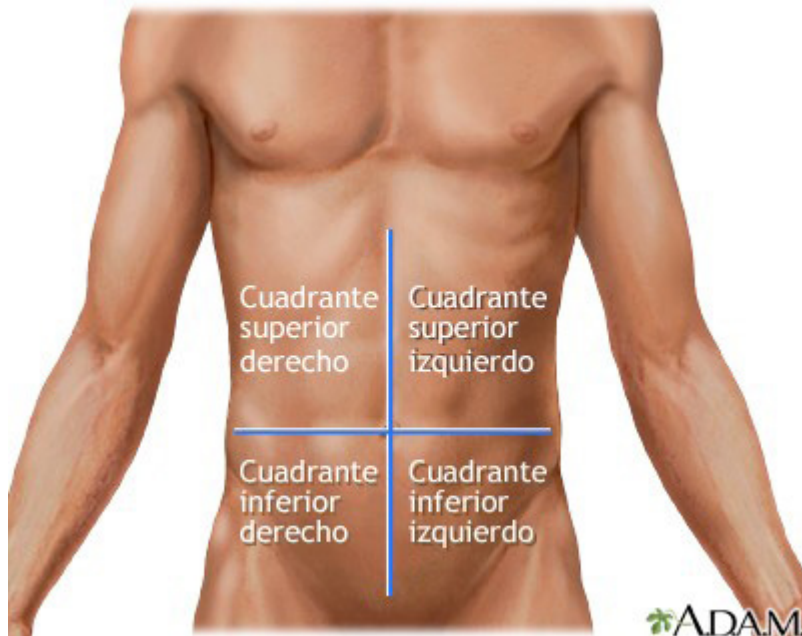
- **Por arriba:** la cúpula diafragmática
- **Por debajo:** el estrecho superior de la pelvis
- **Por detrás,** la columna lumbar
- **Por delante y ambos lados:** la pared abdominal propiamente dicha, la cual se encuentra integrada por músculos, aponeurosis, tejido celular subcutáneo y piel. La pared abdominal tiene su cara interna revestida por el peritoneo (parietal), serosa que reacciona fácilmente ante cualquier lesión visceral.

### Límites externos del abdomen

- **Por arriba,** el reborde costal, desde la base del apéndice xifoides hasta la séptima vértebra dorsal (D7), la llamada línea toracoabdominal
- **Por debajo,** se limita externamente por otra línea que se extiende desde las arcadas crurales, pasando por las crestas iliacas, hasta la cuarta vértebra lumbar (L4), llamada línea abdominopelviana. Este límite inferior es más bien artificial, ya que se debe considerar simultáneamente la cavidad abdominopelviana, la cuales un ovoide de polo mayor diafragmático y polo menor pelviano. Es una gran cavidad que se encuentra ocupando toda la región del abdomen, está rodeada por tejidos blancos musculares en casi todas su extensión a excepción de la parte dorsal media que está soportada por la columna vertebral.

La anatomía clínica del abdomen se divide en cuatro grandes zonas (figura 8) formadas por cuadrantes, a expensas del trazado de dos líneas convencionales vertical media y horizontal, cruzadas exactamente en el ombligo.

- Cuadrante superior derecho (CSD): hígado y vesícula biliar; cabeza del páncreas, parte del riñón derecho, glándula suprarrenal derecha, partes del tubo digestivo (ángulo hepático del colon).
- Cuadrante superior izquierdo (CSI): bazo, lóbulo izquierdo del hígado, cuerpo y cola del páncreas, parte del riñón izquierdo, glándula suprarrenal izquierda, partes del tubo digestivo (ángulo esplénico del colon).



**Figura 8.** Cuadrantes abdominales

- Cuadrante inferior derecho (CID): ciego y apéndice; ovario y trompa derecha; polo inferior del riñón y uréter derecho; otras partes del tubo digestivo (colon ascendente), canal inguinal.
- Cuadrante inferior izquierdo (CII): colon sigmoides y parte del colon descendente; ovario y trompa izquierda; polo inferior del riñón y uréter izquierdo, canal inguinal.

### Proyecciones

Aunque no están estandarizadas, típicamente se realizan tres proyecciones abdominales:

- Decúbito supino: es la proyección que se debe pedir ante la necesidad de un estudio radiológico abdominal de urgencia.
- Bipedestación: cuando la presentación clínica sea de abdomen agudo
- Decúbito lateral derecho e izquierdo: El decúbito lateral izquierdo se puede utilizar en caso de duda diagnóstica de neumoperitoneo (visualización de aire entre la pared abdominal y el borde hepático)





**Figura 9.** Proyecciones radiográficas del abdomen

### **2.13. Técnica básica en la radiología simple de abdomen**

La importancia del diagnóstico mediante la radiografía simple en los trastornos abdominales agudos es incuestionable. El examen del abdomen se inicia por la radiografía simple del mismo, que habitualmente es obtenida en posición supino. Esta radiografía es de la máxima utilidad en numerosos problemas del abdomen realizándose proyecciones adicionales cuando son necesarias por motivos específicos. A continuación se presentan las técnicas de la radiografía simple propuesta por Chen (2013).



## 2.14. Parte blanda

El abdomen está compuesto fundamentalmente por partes blandas, de densidad similar a la del agua, y en las radiografías simples no se pueden diferenciar por su densidad los sólidos de los líquidos. De acuerdo con Chen, (2013, pág. 224) el hígado es una estructura homogénea localizada en el cuadrante superior derecho; el ángulo hepático constituye el borde más caudal de la parte posterior del hígado. En el cuadrante superior izquierdo se localiza el ángulo esplénico, que puede identificarse por la grasa que rodea al bazo. Si se observa una silueta renal grande y fusionada atravesando el músculo psoas y la columna lumbar, se está en presencia de un riñón en herradura.



**Figura 10.** Radiografía simple de abdomen normal. La grasa delimita el borde inferior de la parte posterior del hígado



## 2.15. Grasa

La densidad grasa, intermedia entre la de las partes blandas y la del gas, delimita el contorno de los órganos sólidos y los músculos. La banda del flanco, también llamada banda grasa properitoneal, es una línea de grasa adyacente a los músculos de la pared abdominal lateral. La banda grasa properitoneal normal está cerca del patrón aéreo del colon ascendente y descendente. Si aumenta la distancia entre la banda grasa properitoneal y el colon ascendente o descendente, es sugerente de la presencia de líquido, ya sea absceso, ascitis o sangre en las gotieras pariteocólicas.

El análisis de las líneas grasas nos aporta información acerca de:

- Tamaño y morfología vísceras (hígado, riñones, bazo, vejiga-útero, suprarrenal)
- Presencia de líquido libre intraperitoneal
- Diagnóstico de masas abdominales:
  - Densidad especial que sobresale de las estructuras vecinas
  - Desplazamiento de estructuras vecinas
  - Borramiento de líneas grasas.

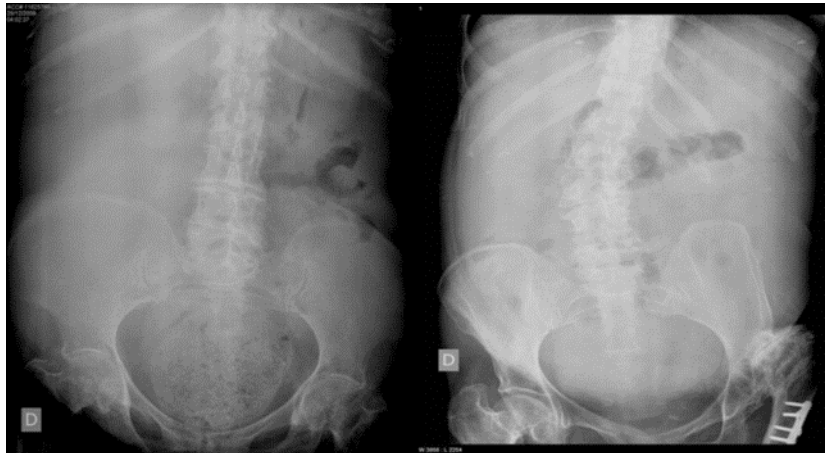
Densidad homogéneamente grisácea.

**ASCITIS:**  
Clave  
diagnostica  
(figura 11)

Medialización de asas en epigastrio.

Borramiento de la línea grasa del hígado y del bazo.

Modificación de las líneas properitoneales: Medialización del colon. Abombamiento de la línea peritoneal hacia fuera. Aumento de la densidad en las gotieras (“signos de las orejas de gato”)



**Figura 11.** Ascitis: aumento difuso de la densidad abdominal con mala definición de las principales líneas grasas abdominales

## 2.16. Patrón aéreo

El gas tiene la densidad más baja del abdomen. Se ve en el estómago y en el colon, pero muy poco en el intestino delgado normal porque el aire lo atraviesa rápidamente. Si hay más de una mínima cantidad de gas en el intestino delgado, debe considerarse anormal e indicativo de un íleo funcional o una obstrucción mecánica. El distinguir el patrón aéreo del yeyuno, el íleon y el colon ayuda a establecer la localización de la obstrucción intestinal.

En este análisis se obtiene información sobre:

- a. Alteraciones gas intraintestinal
  - Asas intestinales fuera de la cavidad: Hernias, eventraciones...
  - Aire patológico dentro de la cavidad:
    - Deformaciones de la pared: infiltraciones inflamatorias o tumorales
    - Desplazamiento del aire: masas
    - Dilatación de vísceras huecas: dilatación gástrica, estenosis duodenal, dilatación de asas de intestino delgado, síndrome obstructivo del colon, parálisis intestinal, vólvulos, infarto.

- b. Alteraciones gas extraintestinal
- Libre en la cavidad peritoneal: neumoperitoneo
  - Reducido a un área concreta del abdomen
  - Localizado en vísceras huecas o en cavidades: vesícula, vía biliar...
  - Dentro de la pared de una víscera
  - En cavidades peritoneales cerradas
  - Retroperitoneo o pared de asas.



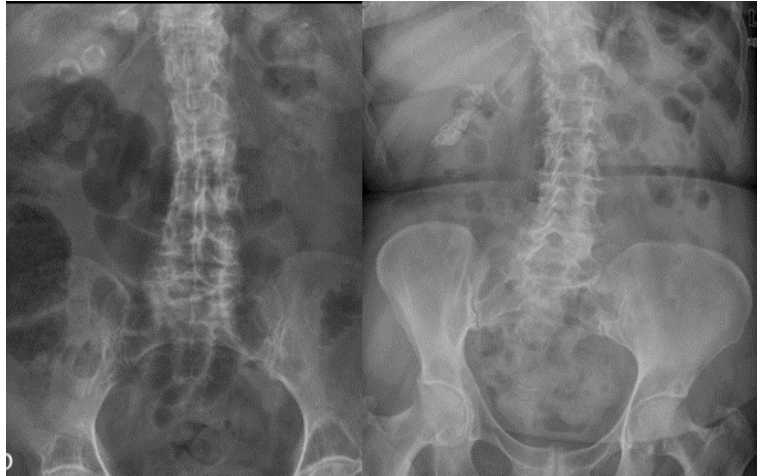
**Figura 12.** Globo vesical: aumento de densidad en la pelvis menor que está ocasionando un efecto de masa sobre las asas del marco cólico

### 2.17. Estructuras óseas y calcificaciones

Las estructuras óseas y las calcificaciones tienen la densidad más elevada que se puede ver en las radiografías simples. Las estructuras óseas comprenden las costillas, la columna lumbar y la pelvis. Entre las calcificaciones abdominales están las arteriales, los cálculos urinarios o biliares, las calcificaciones prostáticas, las pancreáticas (que suelen



indicar una pancreatitis crónica, con o sin carcinoma), los apendicolitos y los cálculos de la vesícula biliar ectópicos en el intestino delgado y asociados a una obstrucción mecánica por un íleo biliar.



**Figura 13.** Colelitiasis: calcificaciones en hipocondrio derecho afacetadas

## 2.18. Radiología de huesos y articulaciones

Desde el punto de vista del diagnóstico y de manera especial de la radiología muscoesquelética como subespecialidad, los últimos tiempos podrían ser considerados, desde el punto de vista tecnológico, como las décadas de las articulaciones, ya que estas técnicas diagnósticas han mejorado en cantidad y en calidad de la información que aportan al diagnóstico y tratamiento en estas patologías.

Sin embargo, la radiología simple sigue siendo la exploración básica en el área esquelética, ya que es la más utilizada y la de mayor rendimiento. Este tipo de radiología se utilizan principalmente para evaluar los huesos, pero también se puede obtener de ellas información útil de los tejidos blandos adyacentes. Puede verse gas en los tejidos blandos, lo que puede ser una pista hacia una herida abierta, una úlcera o una infección por un microorganismo productor de gas. Las calcificaciones en los tejidos blandos pueden indicar un tumor, una miositis



osificante o enfermedades sistémicas como la esclerodermia o el hiperparatiroidismo.

En el sistema esquelético, cada área anatómica tiene sus proyecciones, de manera, que en la medida de lo posible se busca que existan dos proyecciones para apreciar su estructura de forma adecuada. Por ello es útil conocer qué proyecciones concretas se van a obtener de forma rutinaria cuando se realiza cada estudio. De tal forma que las radiografías deben centrarse en la región anatómica que se evalúa, intentando que no haya superposición de otras áreas anatómicas, pues a diferencias de otras áreas anatómicas, el esqueleto tiene movilidad entre sus componentes lo que puede requerir realizar proyecciones funcionales cuando se sospeche de inestabilidad mecánica entre ellos.

### **2.19. Traumatismo físico**

Los traumatismos físicos del sistema musculoesquelético causan una amplia variedad de lesiones en los huesos, articulaciones y partes blandas. Además de producir fracturas, luxaciones, subluxaciones y desgarros capsulares, tendinosos, musculares y ligamentosos, los traumatismos pueden afectar al platillo de crecimiento del esqueleto inmaduro, así como las estructuras articulares de cartílago hialino y fibrocartílago. Otras complicaciones de los traumatismos incluyen la distrofia simpática refleja, la osteolisis, la osteonecrosis, muchas de las osteocondrosis, las osteoartropatías neuropáticas, las infecciones y a formación de hueso heterotópico.

Una fractura es la solución de continuidad del tejido óseo en cualquier hueso del cuerpo se produce como consecuencia de un esfuerzo excesivo que supera la resistencia del hueso, es decir es la consecuencia de una sobrecarga única o múltiple y se produce en milisegundos. Toda fractura se asocia a una lesión de partes blandas.

Tipos de fractura y lesiones:



- Fractura cerrada (simple): es aquella en la que la piel está intacta.
- Fractura abierta: si hay comunicación entre la fractura y el exterior por discontinuidad de la piel.
- Fractura completa: es aquella en la que se afecta toda la circunferencia del hueso (hueso tubular) o ambas superficies corticales (hueso plano).
- Fractura incompleta: la solución de continuidad de la cortical no se extiende a través de todo el hueso.
- Fractura transcondral: afecta a la superficie cartilaginosa.
- Fractura condral : afectación del cartílago
- Fractura osteocondral: implica al cartílago y al hueso subyacente.
- Luxación: es una pérdida completa del contacto entre dos superficies óseas que normalmente están articuladas.
- Subluxación: cuando la pérdida de contacto es parcial.
- Diastasis: se refiere a la separación anormal de una articulación que en condiciones normales sólo tiene una leve movilidad.

### **Técnica diagnóstica**

Los aspectos técnicos a considerar en la evaluación de fracturas se basan en el conocimiento de la anatomía radiológica, la selección de las proyecciones más adecuadas según localización y tipo de lesión y finalmente en la consideración de una serie de parámetros técnicos que obedecen a la regla de los dosis:

- Dos proyecciones generalmente a 90° una de otra.
- Inclusión de las dos articulaciones adyacentes a la fractura, proximal y distal.
- Exploración de los dos miembros (imágenes comparativas, especialmente en las extremidades durante el crecimiento)
- Dos exploraciones sucesivas, con intervalo de días, en caso de dudas en la primera imagen y persistencia de la clínica.
- En plano anteroposterior y lateral. Cuando no se ve bien la fractura en ellas se recurre a otras proyecciones normalmente obli-





cuas porque hay fracturas que en la primera exploración radiográfica no se ve nada y hay que advertir a los pacientes que tienen que volver porque la primera vez la fractura puede pasar desapercibida (escafoides del carpo, extremidad proximal del fémur)

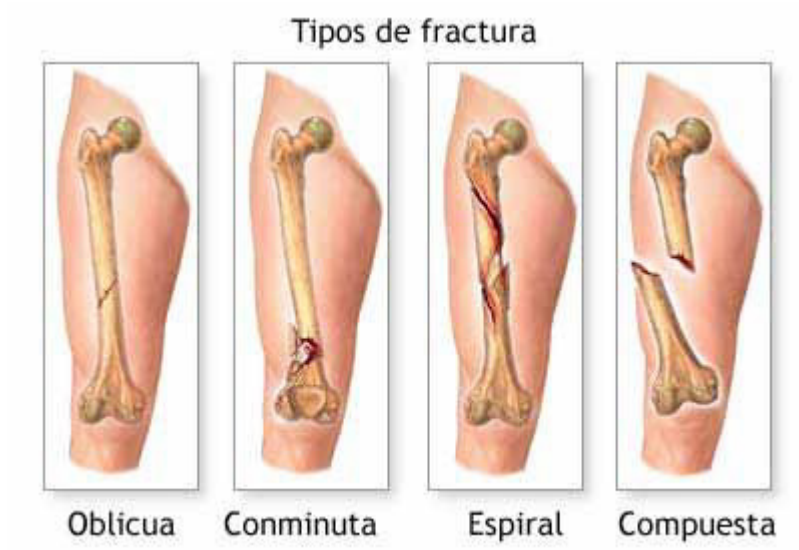
- Situaciones especiales: hombro y cadera, se tendrán que hacer proyecciones diferentes.

Existen muchas clasificaciones de las fracturas. Por lo tanto, al informar una imagen de fractura, se debe realizar una descripción morfológica, detallando aquellos signos que puedan influir en el pronóstico y tratamiento.

### **Tipo de fractura:**

Según la fuerza incidente

- Fractura transversal: cuando la fuerza es perpendicular al hueso.
- Fractura oblicua: si la fuerza es oblicua al eje óseo.
- Fractura espiroidea: cuando estamos ante fuerzas rotacionales. Son lesiones extensas en cuanto a longitud y característicamente muestran una imagen en “S” alargada.
- Fractura longitudinal: causada por fuerzas paralelas al eje mayor del hueso. Generalmente se asocia a otros trazos de fractura. Cuando es aislada es difícil de diagnosticar, necesitando de otras exploraciones como la TC.
- Fractura conminuta: por combinación de fuerzas diferentes. Se define como aquella fractura que muestra más de dos fragmentos. Son ejemplos la fractura “en mariposa” con un fragmento cortical triangular aislado, la fractura “segmentaria” con un segmento diafisario aislado de los otros dos y las fracturas en “T” y en “Y” en los extremos de algunos huesos.



**Figura 14.** Tipo de fractura según la fuerza incidente

Según su localización



- Epifisarias
- Metafisarias
- Diafisarias



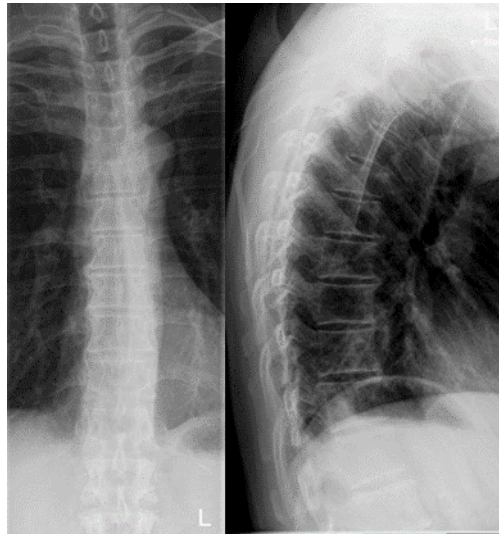
**Figura 15.** Tipo de fractura según su localización

Las fracturas también se clasifican según la disposición de los fragmentos, teniendo en cuenta que la aposición es el término que indica la relación entre los extremos de la fractura, estas son:

- Aposición completa cuando muestran un contacto completo, conservándose la morfología previa a la fractura (posición anatómica)



- Aposición parcial: implica un contacto mayor o menor entre los fragmentos, que se puede completar calculándolo en tanto por ciento o en particiones (tercio, mitad, etc.)
- Distracción consiste en la separación de los fragmentos por la misma fractura, ya sea por tracción muscular, interposición de partes blandas, pérdida de sustancia ósea o reabsorción de los extremos. Ante esto existe el peligro de no unión, especialmente si la distancia de separación es mayor de 1cm. Por convención, ante cualquier tipo de desplazamiento, se describe la situación del fragmento dista respecto al proximal.
- Acabalgamiento: es la ausencia de contacto de los extremos óseos con desplazamiento lateral de uno sobre otro y el consiguiente acortamiento. Si este acortamiento se produce sin angulación se habla de deformidad en bayoneta.
- Angulación: es la pérdida de alineación del eje óseo y se describe según la dirección que toma el fragmento distal respecto al proximal. De forma genérica se habla de desviación medial o lateral (sinónimo: varo-valgo) en el plano coronal y desviación anterior o posterior (sinónimo: antecurvatum-recurvatum) en el plano sagital.
- Impactación: implica que un fragmento óseo se ha introducido en el otro. Si bien puede ser ventajosa en cuanto a consolidación, también puede conllevar problemas de angulación y acortamiento. Un signo radiográfico de impactación es el aumento de densidad a lo largo de la línea de fractura, lo cual puede confundirse con fractura consolidada si no se conoce el tiempo de evolución.
- Depresión: es el hundimiento de una superficie o de un volumen óseo sobre sí mismo, siendo un ejemplo típico la fractura de calcáneo.
- Compresión: implica el hundimiento de un hueso al quedar atrapado entre otros dos, por ejemplo en la fractura del cuerpo vertebral.



**Figura 16.** Fractura por compresión. Rx AP y Lateral de columna dorsal

- Componente articular: es la extensión articular de una fractura, lo que conlleva muchas complicaciones. Para minimizarlas se busca la restitución íntegra del hueso subcondral y se evita la angulación del eje óseo.
- Rotación: es el componente más difícil de valorar en una fractura, pues se trata de definir en dos planos una alteración tridimensional. Podemos apreciar signos indirectos como la imagen en “S” o la incongruencia anatómica entre el extremo proximal y distal de una fractura. Ante la duda o la posibilidad de este tipo de fractura, nos podrán ayudar otras exploraciones como la TC con reconstrucción multiplanar.
- Avulsión: se refiere a aquella fractura producida en la unión de una estructura muscular, capsulo-ligamentosa o tendinosa al hueso, con arrancamiento de parte del mismo. Típica de infancia y adolescencia, debido a la mayor debilidad anatómica en ese período.



**Figura 17.** Fractura de Segond: Rx AP: fragmento óseo por encima de la cabeza del peroné, paralelo al borde del platillo tibial, que corresponde a una fractura de Segond

### Signos de patología

Los datos fundamentales que se deben evaluar en cualquier estructura, de acuerdo a lo planteado por Aquerreta (2012, págs. 162-163) son: tamaño, forma, densidad y número.

Tamaño: una estructura puede ser mayor o menor de lo normal, pudiendo indicar anomalía congénita. Ante una disminución del tamaño, se puede estar en presencia de una patología congénita con hipoplasia segmentarias, enanismos con afectación de parte del esqueleto, endocrinológico que pueden ser armónica (lo que se conoce como defecto de hormona de crecimiento) o no armónica (hipotiroidismo). A su vez, el crecimiento puede ser focal, de una parte del hueso o completa. También pueden ser secundarias a traumatismo, infecciones con lesiones del cartílago fisario, etc.



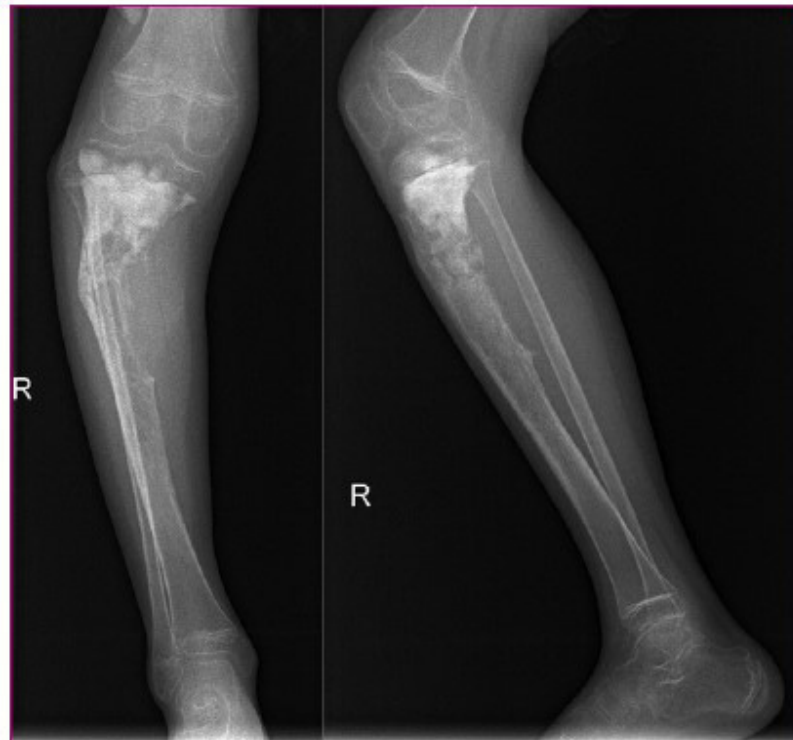
**Figura 18.** Radiografía de las extremidades inferior con presencia de disimetría

Forma: variaciones de las formas plantean un diagnóstico diferencial. Pues tanto las infecciones, los traumatismo, los tumores y otras pueden generar deformaciones, entre ellas están: insuflección la cual es provocada por lesiones que generan erosión interna y remodelación de la cortical, incurvación la cual es más evidente en huesos largos y puede ser secundaria a una anomalía en el desarrollo, angulación generalmente como consecuencia de una fractura, ensanchamiento óseo, deformidades epifisarias y con solución continua.



**Figura 19.** Fractura diafisaria del fémur

Densidad: son las más comunes debiendo diferenciarse las que son generalizadas en todo el esqueleto de las focales. Así se tiene que la disminución de la densidad ósea denominada osteopenias la causa más común son la osteoporosis, la osteomalacia, el hiperparatirodismo y algunos tumores. Mientras que el aumento generalizado de la densidad ósea puede deberse a anomalías del desarrollo o a displasia.



**Figura 20.** Rx osteoporosis de tibia y fractura patológica

Número: el número de huesos puede variar por anomalías en la formación, de manera que ante la ausencia completa se denomina agenesia o aplasia y el déficit parcial o el menor desarrollo hipoplasia o defecto focal.

En este sentido, a radiografía simple de un hueso normal va a mostrar la cortical continua, homogénea, rodeando el espacio medular. La cortical va a ser más gruesa en el tallo (diáfisis) de los huesos largos y más fina en los huesos pequeños e irregulares como los del carpo y del tarso y también en los extremos de los huesos largos (Figura 21).





**Figura 2.** Metacarpianos normales. Radiografía PA del segundo y tercer metacarpianos

Como excepciones están el engrosamiento normal de la cortical en las zonas de inserción de los tendones y ligamentos y la interrupción normal de la cortical en la localización de las arterias nutricias. Por supuesto, esto aparece en lugares predecibles, que varían de hueso a hueso. En el espacio medular del hueso normal están las trabéculas. Éstas son visibles en las radiografías como líneas finas y blancas, que no se colocan al azar, sino en patrones predecibles, que aumentan la capacidad de soportar peso.



## 2.20. Osteoporosis

En la definición más moderna de osteoporosis se considera que la resistencia ósea es un reflejo de la densidad y de la calidad del hueso (Del Pino, Corral, & Montilla, 2017). Las técnicas de imagen empleadas en la evaluación de la osteoporosis (pretenden medir la densidad mineral ósea (DMO), así como predecir y diagnosticar el riesgo de fractura (Panero, 2009; Ivorra, 2014)

Por tanto, la indicación de solicitar la radiografía debería estar motivada, como ocurre con cualquier otra prueba complementaria, por su utilidad para influir en la toma de decisiones por el médico que la solicita. El empleo del término “osteoporosis” a la vista de una radiografía es una generalización que equivale, en muchos casos, a radiotransparencia ósea. Pero esta radiotransparencia se debe a un conjunto de variables no controladas, como la técnica radiológica, el voltaje, la distancia foco-placa, el revelado, las características del enfermo (obesidad, etc.), así como la variabilidad interobservador.

Para Del Pino, Corral, & Montilla (2017) se precisa una pérdida de masa ósea superior al 35% para que la disminución de la absorción de rayos X sea interpretada claramente como incremento de la radiotransparencia. Existen diferencias, según se considere la pérdida de hueso cortical o trabecular. En los huesos largos (cortical) aumenta la resorción en el endostio. En el hueso trabecular, las pérdidas son mayores y más rápidas, observándose disminución de las trabéculas y de la conexión trabecular (alteraciones microarquitectura); esta desaparición es más evidente en las trabéculas que no soportan peso.

La radiología simple es útil para detectar fracturas vertebrales, debiendo ser indicada con este objetivo; el hallazgo de por lo menos una deformidad vertebral es un indicador de osteoporosis (descartadas previamente otras causas posibles de fractura) y debe considerarse un factor de riesgo para nuevas fracturas.



Las fracturas osteoporóticas más frecuentes son las vertebrales dorsales y lumbares (D4-L4) y se observan mejor en una proyección lateral. La imagen más característica es la vértebra bicóncava (pérdida de la altura central) por protrusión de los discos intervertebrales sobre la cortical vertebral debilitada. La lesión puede ser más importante, apareciendo acuñamientos vertebrales de distintos tipos (pérdida de altura vertebral anterior o posterior) o el aplastamiento vertebral completo. (Del Pino, Corral, & Montilla, 2017). Se deben solicitar radiografías de columna dorsal lumbar en perfil, o morfometría vertebral por absorciometría dual de rayos X si la evidencia clínica es sugestiva de fractura vertebral.

La radiografía también es útil para descartar espondiloartrosis y calcificaciones vasculares, entre otros factores que pueden afectar la medición de la densidad mineral ósea

### **2.21. Radiografía de cabeza y columna vertebral**

#### **Radiografía simple de la columna vertebral**

La estructura más importante del sistema locomotor es la columna vertebral, la cual es una estructura osteofibrocartilaginosa cuyas funciones principales son: sostener, proteger el cordón medular, permitir la estabilidad corporal y ser el centro de gravedad del cuerpo humano. Ahora bien para efectos del análisis patológico, la radiología simple sigue siendo una de las técnicas más usadas en su estudio, aunque la introducción de nuevas tecnologías, tales como la tomografía computarizada y la resonancia magnética, hayan modificado sus indicaciones en la práctica diaria. Igualmente, está bien establecido en la actualidad, que la radiografía simple en ausencia de traumatismo tiene un valor limitado, ya que los cambios son muy comunes y la patología más relevante, tumoral o infecciosa, pueden pasar desapercibida, sin embargo son especialmente útiles para la visualización de las estructuras óseas.

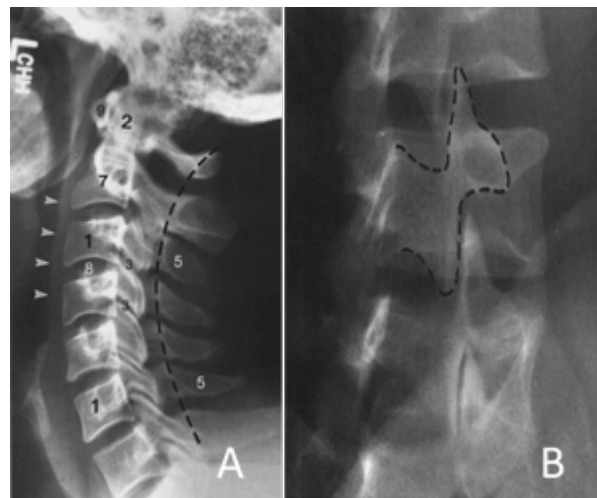


En este aspecto, Ginsberg, (2013) sostiene que las estructuras de tejidos blandos (todo lo que no sea hueso) son bastante radiotransparentes y no pueden verse claramente en radiografías simples a no ser que existan densidades anormales, como calcificaciones. Aunque las radiografías simples muestran bastante bien la anatomía ósea, algunas estructuras pueden ser difíciles de ver por superposición con otras estructuras situadas por delante o por detrás.

El estudio radiológico simple de cualquier área anatómica de la columna debe incluir al menos dos proyecciones:

- Proyección frontal: ya sea anteroposterior = AP o posteroanterior (PA), la diferencia no es significativa en la columna vertebral)
- Proyección lateral (de perfil) o en proyecciones oblicuas.

Por otro lado, tal y como se muestra en la figura 22 en una proyección lateral, los pedículos de cada vértebra aparecerán superpuestos. Es por esta razón, que en cada estudio de radiología simple se obtienen siempre varias proyecciones.



**Figura 22.** Proyección de la columna vertebral. A: articulación atlantoaxial; B: proyección lateral



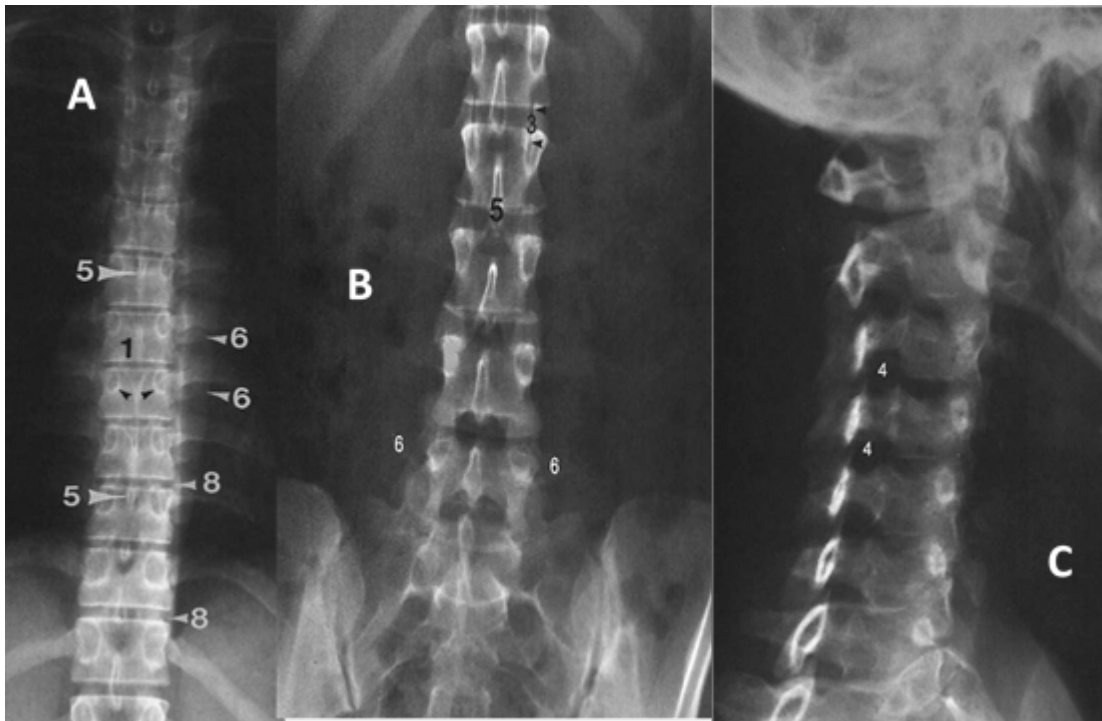
Así mismo, en las radiografías simples las estructuras óseas aparecen blancas. Ese aspecto se denomina radiodenso o denso. Los huesos con mineralización normal tienen una radiodensidad reconocible que debe valorarse siempre que se examina una radiografía.

Una vez valorado la densidad del hueso, se debe evaluar el alineamiento vertebral. Tal y como lo advierten Sierra, Lozano, Dávila, Mora, & Tramont, (2018) la columna vertebral normal tiene:

- Dos lordosis (convexidad anterior): cervical y lumbar.
- una cifosis (convexidad posterior) dorsal.

Las alteraciones de la alineación pueden deberse a una colocación incorrecta del paciente, pero generalmente estas alteraciones pueden ser menores o más significativas como la escoliosis que pueden ser idiopática o secundarias a una lesión subyacente. Las alteraciones de la alineación más importantes, como una subluxación, pueden ser debidas a un traumatismo.

La mayor parte de los hallazgos anatómicos de la columna vertebral se identifican fácilmente en las radiografías simples, así, pueden visualizarse los cuerpos vertebrales, articulaciones interapofisarias, espacios discales, pedículos, láminas, apófisis transversas y espinosas y agujeros de conjunción o intervertebrales (figura xxx). Algunas áreas anatómicas pueden verse sólo con proyecciones específicas. Las proyecciones oblicuas permiten la visualización de los agujeros intervertebrales en la columna cervical (en la columna lumbar y dorsal, para este mismo objetivo, se utiliza la proyección lateral), por los que transcurren los nervios raquídeos (figura xxx)



**Figura 23.** Radiografía simple A: Columna dorsal normal, proyección anteroposterior B: Columna lumbar normal, proyección anteroposterior C: proyección oblicua

Una manifestación común de la enfermedad degenerativa en la columna vertebral son las proyecciones óseas, conocidas como osteofitos, que, si se presentan en los agujeros de conjunción, pueden producir una compresión de las raíces nerviosas. Los nervios raquídeos también pueden ser comprimidos por hernias del disco, pero este tipo de compresión neural no puede diagnosticarse utilizando sólo radiografías simples.

## 2.22. Radiografía simple de la cabeza

Las técnicas radiológicas que se utilizan para evaluar el cerebro y sus cubiertas pueden dividirse en dos grupos principales: modalidades anatómicas y modalidades funcionales.

- Técnicas anatómicas: que proporcionan principalmente información de naturaleza estructural, incluyen radiografía simple



del cráneo, tomografía computarizada, resonancia magnética, arteriografía cerebral y ultrasonografía.

- Técnicas funcionales: proporcionan información sobre el metabolismo o la perfusión cerebral.

La radiografía simple es una técnica diagnóstica adecuada en pacientes con traumatismo craneal con sospecha de fractura ósea, herida penetrante o cuerpo extraño radioopaco.

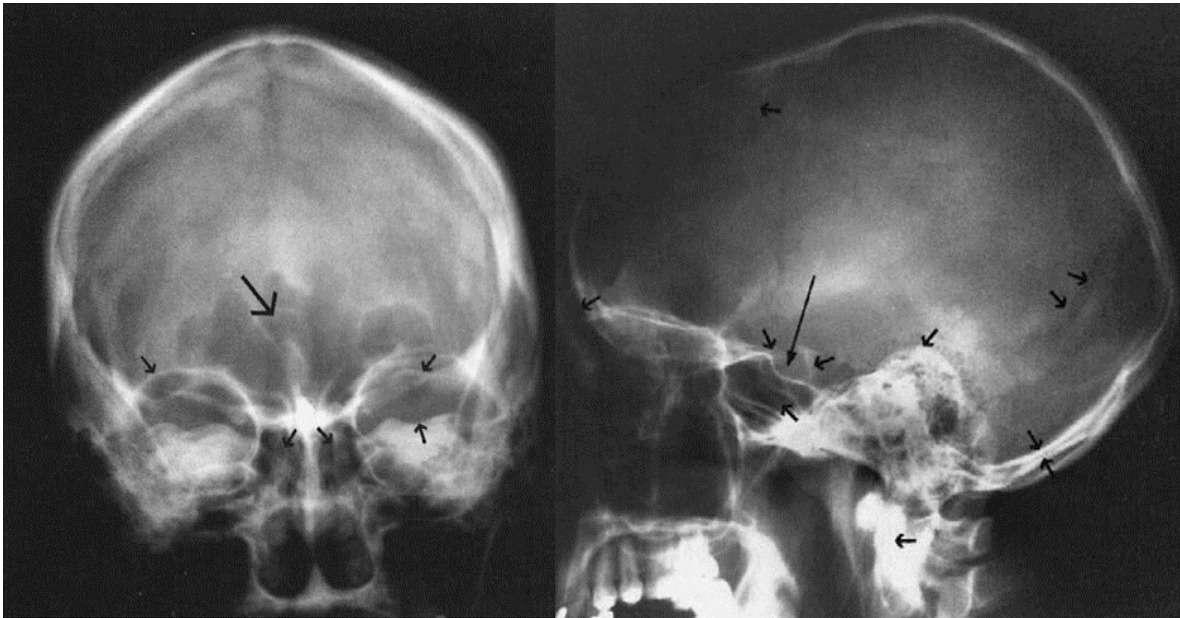
El cráneo es la única parte del cuerpo humano que está rodeada de hueso, por eso por eso se necesita alguna parte del cráneo que permita ver su interior, suelen ser huesos planos sin rugosidades, a este hueso se le denomina ventana radiológica. De la misma manera, la anatomía de la base del cráneo es compleja. Numerosas estructuras neurovasculares vitales pasan a través de múltiples canales y forámenes ubicados en la base del cráneo. Es necesario tener una aproximación sistemática a la anatomía de la base de cráneo y conocer qué técnica de imagen se debe utilizar para poder optimizar su análisis y evaluar los distintos procesos que pueden afectarla. La base del cráneo forma el piso de la cavidad craneal que separa el cerebro de las estructuras faciales y el cuello suprahioides. La anatomía de la base del cráneo es compleja y no está directamente accesible para la evaluación clínica. La base del cráneo está compuesta por cinco huesos: frontal, etmoides, esfenoides, temporales y occipital. Se pueden identificar tres regiones naturalmente contorneadas cuando la base del cráneo se observa desde superior, las fosas craneales anterior, media y posterior. Existen numerosos forámenes y canales en la base del cráneo, que transmiten estructuras neurovasculares vitales.

En este sentido, las radiografías simples del cráneo se obtienen colocando la cabeza del paciente entre una fuente de rayos X y un sistema. Los huesos del cráneo bloquean el paso de un gran número de rayos X y, por tanto, proyectan una sombra blanca en la película radiográfica. Mientras que los tejidos blandos como el cuero cabelludo o el cerebro





casi no bloquean el paso de los rayos X y no se aprecian en la película. Como el cráneo tiene una forma esférica, los huesos van a aparecer superpuestos. Por tanto, pueden ser necesarias múltiples proyecciones radiográficas del cráneo que incluyen frontal, lateral y axial para valorar adecuadamente la calota y para localizar con precisión una lesión. Incluso así, estos estudios a veces son difíciles de interpretar debido al gran número de estructuras superpuestas.



**Figura 24.** Radiografías simples del cráneo normal, en proyección frontal y lateral





# **CAPÍTULO III**

## **TOMOGRFÍA COMPUTARIZADA**



**MAWIL**

Publicaciones Impresas  
y Digitales





### **3.1. Los rayo X en las ciencias médicas**

Desde el descubrimiento de los rayos X se hizo evidente que las imágenes radiológicas podían aportar una gran información sobre el cuerpo humano, muy útil en el diagnóstico de su patología. Sin embargo el diagnóstico convencional, presenta una serie de desventajas como son:

- El que una estructura tridimensional es proyectada y convertida en una imagen bidimensional, con la consiguiente superposición de estructuras.
- La imposibilidad de diferenciar densidades pequeñas entre sí.

Estos dos inconvenientes de la radiología convencional tratan de ser solucionados mediante el desarrollo de técnicas tomográfica.

Por ello, se considera que la tomografía axial computarizada (TAC) es una de las más importantes invenciones médicas del siglo XX. Desde su uso inicial en el diagnóstico radiológico, durante la década de los años setenta, ha revolucionado la ingeniería médica, siendo, sin lugar a dudas, la más grande invención en el campo de la radiología, desde el descubrimiento de los rayos X.

Esta técnica de imagen proporcionó a la radiología una nueva visión diagnóstica en la patogénesis del cuerpo, considerándose en la actualidad uno de los más importantes métodos de diagnóstico radiológico, puesto que nos ofrece imágenes de los órganos internos sin necesidad de procedimientos invasivos y con la ventaja, respecto al método convencional de rayos X, de tener una resolución de contraste significativamente mejor y de poder aumentar el tamaño de las imágenes de los órganos del cuerpo (zoom) sin pérdida de definición, mostrando diferencias mínimas entre tejidos, incluso cuando las densidades y números atómicos solo sean ligeramente diferentes, lo que define su elevado nivel de sensibilidad diagnóstica.



La tomografía axial computada (TAC) o también conocida como tomografía computada (TC), es un método imaginológico de diagnóstico médico, que permite observar el interior del cuerpo humano, a través de cortes milimétricos transversal al eje céfalo-caudal, mediante la utilización de los rayos X. Las imágenes obtenidas por un tomógrafo, se presentan de una forma determinada al médico, este al visualizar el corte lo piensa como si estuviera mirando al paciente desde los pies.

No debe confundirse la TAC con la radiología convencional de rayos X (placa simple), que igualmente permite una visualización en dos dimensiones, pero con mucho menor detalle, debido a que se superponen las diferentes estructuras del organismo sobre una misma imagen, porque la radiación es emitida de una forma difusa.

En cambio, para la TAC se utiliza un haz muy bien dirigido y con un grosor determinado, que depende del tamaño de la estructura a estudiar, pudiendo variarlo desde los 0.5 mm hasta los 20 mm. Otra diferencia notable entre estos dos métodos diagnósticos, es que en la placa simple, las estructuras se ven radiolúcidas (en negro, por ejemplo pulmón) y radiopaco (en blanco, por ejemplo hueso), no pudiéndose diferenciar otro tipo de densidad.

Mientras que en la TAC, se pueden distinguir distintas densidades, pudiendo así reconocer los múltiples tejidos; además se logran visualizar detalles de hasta 1 mm o 2 mm (cosa no factible en la placa simple), dejando muy pocas estructuras fuera de observación. La diferencia fundamental es que la imagen de TC nos da una visión sectorial de la anatomía del paciente (perpendicular al eje longitudinal del cuerpo, es decir, se obtiene en imágenes transversas).

El desarrollo de las nuevas generaciones de equipos de TAC junto con la mejora de los soportes informáticos, ha supuesto una espectacular evolución en el procesado de la imagen y en la expansión de imágenes tridimensionales, generándose este tipo de técnica en menor tiempo y



con mayor resolución.

Debido a los avances que se han producido tanto en hardware como software, se logra generar un cambio en el concepto de la tomografía. En la actualidad, la misma no trata únicamente de la presentación de imágenes axiales bidimensionales; sino que se pueden presentar estudios en los diferentes planos del espacio en 2D (multiplanares-MPR), pudiendo además generar imágenes volumétricas ofreciendo nuevas posibilidades diagnósticas y permitiendo la observación de estructuras desde infinidad de ángulos. De esta manera, el futuro del diagnóstico por imágenes en tomografía computada está basado en la generación de imágenes tridimensionales.

### **Tomografía Axial Computada (TAC)**

Método imaginológico de diagnóstico médico, que permite observar el interior del cuerpo humano, a través de cortes milimétricos transversal al eje céfalo-caudal, mediante la utilización de los rayos X.

### **3.2. Principios de la tomografía computarizada**

En los estudios radiográficos con la técnica convencional, la región del paciente del objeto de estudio que es tridimensional queda proyectada en la película como una imagen bidimensional. Por este motivo no tiene la nitidez deseable, ya que existe una superposición de las estructuras anatómicas de esta región. En este sentido, desde la primera hasta la cuarta generación se trata de equipos de TAC convencionales, también llamados secuenciales, debido a que los cortes se obtienen uno a uno.

Los principios básicos de la TAC son:

#### **A) Reconstrucción de proyecciones:**

El principio básico de la TAC, es que la estructura interna de un objeto puede reconstruirse, a partir de múltiples proyecciones de ese objeto.



### **B) Principio de Hounsfield:**

El coeficiente de atenuación lineal, expresa la atenuación que sufre un haz de rayos X, al atravesar una determinada longitud de una sustancia dada; este coeficiente es específico de cada sustancia o materia. Para un rayo X monoenergético (compuesto por una sola longitud de onda), que atraviesa un trozo uniforme de materia.

### **C) Técnicas de adquisición:**

En la TAC, existen 4 técnicas de adquisición de los datos, cada una de ellas, asociada con una generación del desarrollo de esta tecnología:

#### **1. Primera generación (Traslación/Rotación, detector único)**

El funcionamiento de las máquinas de primera generación se basa en una geometría del haz de rayos X paralelo y movimientos de traslación-rotación en un tubo de rayos X y un solo detector; de manera que para obtener un corte tomográfico son necesarias muchas mediciones y por tanto, muchas rotaciones del sistema tubo-detector. Esto hace que los tiempos de barrido son muy amplios (entre 4 y 5 min por corte).

- La geometría de haces paralelos la define un conjunto de rayos paralelos unos a otros, que generan el perfil de una proyección.
- El procedimiento para la adquisición de datos utilizaba un haz de rayos X único y altamente colimado y 1 o 2 detectores.
- El haz de rayos X era trasladado linealmente a través del paciente para obtener el perfil de la proyección. Posteriormente, la fuente de rayos X y el detector rotaban aproximadamente un grado alrededor del isocentro para obtener el perfil de otra proyección.
- Este movimiento de traslación-rotación se repetía hasta que la fuente de rayos X y los detectores hubieran rotado 180°.
- Tiempo de exploración entre 4,5 y 5,5 min por corte.

#### **2. Segunda generación (Traslación/Rotación, múltiples detectores)**

Este sistema es similar al anterior en cuanto a los movimientos que realiza el conjunto, pero este modelo utiliza un haz de rayos X en forma



de abanico con un ángulo de apertura de  $5^\circ$  aproximadamente y un conjunto de detectores cuyo número oscila entre 10 y 30, dispuestos linealmente formando un vector. De esta manera, se logra reducir el tiempo de exploración a aproximadamente dos minutos.

En esta generación, se montan 30 detectores, con lo que se reduce considerablemente el número de rotaciones (de 180 a 6) y por tanto, el tiempo de barrido, que pasa a ser del orden de entre 20 y 60 s, basado igualmente en una geometría del haz de rayos X en forma de abanico y movimientos de traslación-rotación. Se diferencia de la primera generación por el aumento del número de detectores (alrededor de 30) y un tubo de rayos X que genera múltiples haces, cada uno de los cuales incide en un único detector del arreglo. La geometría resultante describe un pequeño abanico cuyo vértice se origina en el tubo de rayos X. El procedimiento de adquisición sigue siendo el mismo. Después de cada traslación, el tubo de rayos X y el arreglo de detectores rotan, repitiéndose nuevamente el proceso de traslación

### **3. Tercera generación (Rotación/Rotación)**

Esta es la generación de tomógrafos computados más utilizada en la actualidad. Aquí se utiliza un haz de rayos X ancho, entre  $25^\circ$  y  $35^\circ$ , que cubre toda el área de exploración y un arco de detectores que posee un gran número de elementos, generalmente entre 300 y 500. Ambos elementos, tubo y banco de detectores realizan un movimiento de rotación de  $360^\circ$ . Este sistema ofrece dos ventajas importantes: Primero, el tiempo de exploración se reduce considerablemente, llegando a sólo 2 o 3 segundos. Y segundo, se aprovecha en forma eficiente la radiación del tubo.

A diferencia de las dos generaciones anteriores, en ésta aparece un conjunto de detectores que forman un arco móvil que, junto con el tubo de rayos X, describen a un unísono un giro de  $360^\circ$  alrededor del paciente, eliminando el movimiento de traslación de las dos primeras generaciones. Este se basa en una geometría del haz de rayos X en





forma de abanico y rotación completa del tubo de rayos X y de los detectores. A medida que estos rotan, son obtenidos los perfiles de cada proyección. Por cada punto fijo del conjunto tubo-detectores se obtiene una vista.

#### **4. Cuarta generación**

En la cuarta generación de tomógrafos se distinguen dos modelos: Rotación/Estacionario y Rotación/Nutación.

El primero utiliza un anillo fijo de detectores dentro del cual gira el tubo de rayos X tubo puede girar a velocidades altas, disminuyendo el tiempo de exploración. Y segundo que el sistema es poco sensible a las variaciones o diferencias de comportamiento entre los detectores. Como desventaja se puede citar el hecho de que, constructivamente, resulta muy grande y costoso, debido al gran número de detectores. En la actualidad se ha retomado nuevamente la arquitectura correspondiente a los equipos de la tercera generación en la producción de sistemas helicoidales

#### **D) Presentación de la imagen, Números TC.**

El resultado final de la reconstrucción por la computadora, es una matriz de números, que no es conveniente para su visualización en pantalla, por lo que un procesador se encarga de asignar a cada número o rango de números, un tono gris adecuado. Los valores numéricos de la imagen de tomografía computada, están relacionados con los coeficientes de atenuación, debido a que la disminución que sufre el haz de rayos X, al atravesar un objeto, depende de los coeficientes de atenuación lineales locales del objeto.



Según García (2008) el principio de funcionamiento de TAC es el siguiente:



Por esta razón se le denomina también tomografía incremental.

La obtención de imágenes en el equipo de TAC, tal como lo señala Gonzáles (2011) viene dada por un tubo emisor de un haz de Rx que está enfrentado con suma precisión a una columna de detectores. Ambos, es decir el bloque tubo-detectores, se moverán sincrónicamente para ir girando siempre enfrentados y de esta forma se obtendrán las distintas proyecciones del objeto.

El autor, sostiene que cada detector tendrá un canal por el cual enviará las señales recibidas de cada uno de los detectores en cada proyección, y a partir de ellas reconstruye la imagen, pero siempre quedarán archivadas en la memoria del ordenador o en el disco magnético de donde podrán ser extraídas siempre que se desee. Por tanto los detectores convierten la señal de radiación en una señal electrónica de respuesta o “señal analógica” (sí o no, es decir, hay pulso o no hay pulso) que a su vez se convierte en “señal digital” por medio de una conversión analógico-digital (si hay señal se obtiene como resultado 1 y si no hay señal el resultado es 0).

Este proceso de conversión lo realiza el computador para poder así trabajar con las medidas recibidas en un sistema binario, que es el que



utilizan los ordenadores. La imagen reconstruida puede ser almacenada pudiendo visualizarla cada vez que se desee. También puede ser impresa en una placa convencional a través de una impresora láser conectada al monitor de visualización.

El TAC helicoidal o espiral es una técnica que fue posible gracias a los importantes avances del hardware en estos años. Esta técnica ha revolucionado el campo de la tomografía, pues a diferencia de los estudios convencionales, en los que el hecho de tener que mover la mesa horizontalmente a la posición del próximo corte implica una demora, los estudios helicoidales no tienen esta limitante, aumentan la calidad de la imagen, minimizan los tiempos de estudio, los artefactos y eliminan los movimientos respiratorios de la TAC secuencial, siendo la primera técnica que permitió escanear regiones y órganos completos durante una misma fase respiratoria lo que conllevó a una considerable elevación del nivel de sensibilidad y especificidad del diagnóstico médico por imágenes.

Con esta técnica es posible obtener mejores imágenes de estructuras anatómicas implicadas en los movimientos respiratorios, resultando muy adecuada en el estudio del tórax, abdomen y pelvis, aunque también nos permite obtener imágenes de otras regiones del cuerpo en las que no existen problemas de movimiento como son la cabeza, la columna y las extremidades.

La tomografía computada multicorte (TCM) o, “”, corresponde al último desarrollo en la generación de tomógrafos y derivan o, más bien, corresponden a versiones más desarrolladas de los tomógrafos helicoidales esta técnica de diagnóstico por imágenes es de gran utilidad en la práctica clínica la TCM consiste básicamente en una adquisición volumétrica a través de un rastreo continuo con un amplio haz de rayos X con una fila de detectores. En la actualidad, los tomógrafos de multicorte poseen filas de detectores que llegan a 16, siendo capaces de adquirir hasta 16 cortes por vuelta.



Los componentes básicos del sistema son:

**Gantry:** Es el sistema en el que se recogen los datos, para que posteriormente sean transformados y procesados por el ordenador de la TAC. Dentro de este se aloja el sistema giratorio tubo de rayos X-detectores por donde se ha de introducir la mesa con el paciente. Una vez que el paciente se centra con respecto a la línea de disparo del tubo, con ayuda de las luces de centrado, éste realizará una serie de rotaciones cuyo número variará en relación con la generación a la que pertenece el equipo. Estos subsistemas se controlan mediante órdenes electrónicas transmitidas desde la consola del operador, y transmiten a su vez datos al ordenador con vistas a la producción y análisis de las imágenes obtenidas.

**Tubo de rayos X.:** en la mayoría de los tubos se usan rotores de alta velocidad para favorecer la disipación del calor. Los escáneres de TC diseñados para la producción de imágenes con alta resolución espacial contienen tubos de Rx con punto focal pequeño.

**Consola del operador:** se utiliza para controlar los diversos parámetros de todo el equipo de tomografía, numerosos TC disponen de dos consolas, una para el operador que dirige el funcionamiento del equipo y la otra para el radiólogo que consulta las imágenes y manipula su contraste, tamaño y condiciones generales de presentación visual.

En cuanto a los valores que se pueden seleccionar en un TC son varios, según lo señalan Vallejo, Cárdenas, , Goosdenovich, , Chila, , Valdez & Ramírez (2018, pág. 57)

- Campo de medición (FOV): existen dos tipos de campos el campo medido y el campo representado.
- Campo medido: es el tamaño de apertura en el gantry, esto es, preparar los detectores necesarios para hacer la medición, los demás detectores (los que nos sobran) solo están preparados para recibir densidad aire. Si estos detectores recibieran Rx



aparecerían artefactos por fuera de campo.

- **Tamaño de la matriz:** Es la cuadrícula donde se representa la imagen, su tamaño viene dado por el número de píxeles e influye en la resolución espacial, a mayor tamaño mayor resolución
- **Grosor de corte:** es la 3ª dimensión en un corte de un TC.  $\text{Voxel} = \text{tamaño pixel} + \text{grosor de corte}$ . Influye en la resolución espacial a grosor de corte más fino mejor resolución espacial, por el contrario a cortes más finos mayor nº de cortes, mayor tiempo de reconstrucción, más ruido y más calentamiento del tubo de Rx.
- **Tiempo de corte:** Es un valor que el técnico debe de valorar según sea el paciente y el estudio a realizar. Se puede acortar el tiempo de corte si el barrido del tubo de Rx es incompleto o si la reconstrucción de la imagen se hace posterior a los cortes y no al mismo tiempo.
- **Kv y mA:** Kv siempre es alto de 100 Kv a 150 Kv. El mA es lo único que se modifica en la práctica para evitar el ruido a mayor mA menor ruido.
- **Punto focal.**
- **Algoritmo de reconstrucción:** filtros.

### **3.3. Protocolo de estudio e indicaciones**

#### **Exploración de la cabeza por TAC**

La exploración por TAC ofrece información más detallada sobre lesiones en la cabeza, derrames cerebrales, tumores cerebrales y otras enfermedades cerebrales que las radiografías convencionales (rayos X). Generalmente la exploración de la cabeza por TAC se utiliza para detectar:

- Sangrados, lesiones cerebrales y fracturas del cráneo en pacientes con lesiones en la cabeza
- Sangrados causados por rupturas o fisuras de aneurismas en un paciente con dolores de cabeza repentinos
- Coágulo de sangre o una sangrada dentro del cerebro no bien

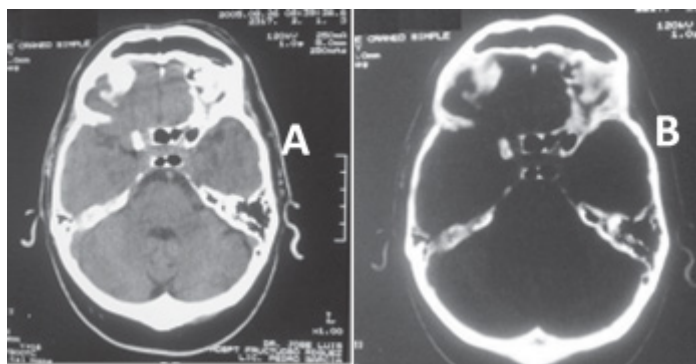


- el paciente presentó síntomas de un derrame cerebral
- Derrame cerebral, especialmente con una nueva técnica llamada Perfusión por TAC
  - Tumores cerebrales
  - Cavidades cerebrales agrandadas (ventrículos) en pacientes con hidrocefalia
  - Enfermedades o malformaciones del cráneo
  - También la exploración por TAC se utiliza para
  - Evaluar en qué medida se encuentra dañado el hueso y el tejido blando en pacientes con traumatismo facial y planificar la reconstrucción quirúrgica
  - Diagnosticar enfermedades del hueso temporal al costado del cráneo, que puede provocar problemas auditivos
  - Determinar si la inflamación u otros cambios están presentes en los senos paranasales
  - Planear una terapia de radiación para cáncer cerebral o cáncer en otros tejidos
  - Orientar el paso de la aguja utilizada para obtener una muestra de tejido (biopsia) del cerebro
  - Evaluar aneurismas o malformaciones arteriovenosas mediante una técnica llamada angiografía por TAC

### **TAC del cráneo**

En el caso de un estudio del cráneo y la cara se puede utilizar TAC convencional, aunque se prefiere la TAC helicoidal. Se estudia preferentemente con ventanas estrechas para una mejor delimitación de la sustancia gris con respecto a la sustancia blanca. Los cortes axiales se realizan con el paciente acostado en decúbito supino, con los brazos extendidos a ambos lados del cuerpo y con una angulación paralela a la línea orbitomeatal inferior. En los equipos helicoidales multicorte no se da angulación. Se inmoviliza la cabeza, pasando la cinta de sujeción alrededor de la frente del paciente y sujetándola con las cintas de velcro situadas a ambos lados del cabezal, utilizando, si fueran necesarias, las almohadillas de fijación lateral de modo que la cabeza

quede situada de forma simétrica.

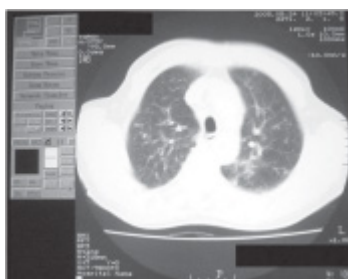


**Figura 25.** TAC de cráneo. A: Ventana parénquima. B: El mismo corte en ventana de hueso

### TAC de tórax

Región de estudio Desde C6 hasta L1 (desde los vértices pulmonares hasta el fondo del saco pleural).

Técnica. Se estudia mediante cortes axiales, con el paciente acostado en decúbito supino y los brazos cruzados por encima de la cabeza, colocándose el cabezal de tórax y abdomen en donde descansa esta. En ventana de pulmón: grosor del corte 8 mm y un desplazamiento de la mesa de 8 mm.



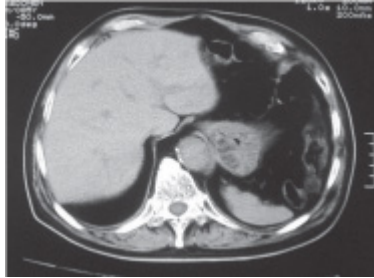
**Figura 26.** TAC de tórax en ventana de pulmón

### TAC de abdomen superior

Región de estudio. Desde las bases pulmonares hasta las crestas ilíacas (craneocaudal). Técnica. Se estudia mediante cortes axiales, en



inspiración, con el paciente acostado en decúbito supino y los brazos cruzados por encima de la cabeza. Si el tomógrafo no permite una hélice (cluster) de tal longitud, se realizan dos hélices (clusters), garantizando en la primera de ella un cubrimiento completo del hígado.



**Figura 27.** TAC simple de abdomen superior. Corte axial a nivel del hígado

### 3.4. Factores que afectan la calidad de la imagen

De forma general, son dos los factores que afectan la calidad de la imagen:

- Resolución espacial: describe el grado de borrosidad o indefinición presente en la imagen y se describe como la habilidad que tiene el equipo de discriminar objetos pequeños de diferentes densidades, que estén ubicados muy próximos. Si la resolución espacial es insuficiente, entonces los objetos pequeños que se encuentren muy próximos aparecerán en la pantalla como un solo objeto.
- Resolución de contraste: En la TAC, la resolución de contraste se describe como la habilidad que tiene el sistema de imágenes para discriminar pequeños cambios de densidad. Estos cambios de densidad son aplicables a objetos pequeños (típicamente de 2 a 3 mm) que varían ligeramente en densidad, con respecto a la densidad del ambiente en el que se localizan y a la diferencia de densidad existente entre dos objetos cercanos.





# CAPÍTULO IV

## MEDICINA NUCLEAR



**MAWIL**

Publicaciones Impresas  
y Digitales





Las exploraciones de medicina nuclear se basan en la utilización de sustancias emisoras de radiación ionizante en el interior del organismo con fines diagnósticos y/o terapéuticos y se pueden clasificar en medicina nuclear convencional (gammagrafía) y medicina nuclear por tomografía por emisión de positrones (PET). Estas técnicas se basan en el uso de detectores externos que permiten visualizar una distribución de un radiofármaco dentro del cuerpo humano (Coca, 2005).

Vellejo et.al (2018, pág. 79) exponen que los rayos gamma, radiación de alta energía poco ionizante, parecidos a los rayos X, no tienen carga eléctrica y pierden más lentamente su energía. Se emiten cuando un núcleo está excitado y vuelve a su estado fundamental viajan grandes distancias en el aire y tienen un gran poder de penetración. Atraviesan el cuerpo humano y sólo se frenan con planchas de plomo y gruesos muros de hormigón.

Los elementos radiactivos que se utilizan se denominan radionúclidos. Se pueden presentar como compuestos químicos simples o asociados a una molécula farmacológica, denominándose entonces, de forma genérica, radiofármaco. El radiofármaco es el resultado de la unión de la molécula farmacológica específica para cada técnica de estudio, con el radionúclido.

Su funcionamiento lo exponen Vellejo et.al (2018, pág. 79) al explicar que los distintos tejidos del cuerpo captan los diferentes elementos químicos de forma selectiva, en base a esto se utilizan isótopos radiactivos de para obtener información de cómo adquieren los distintos tejidos los elementos que precisan para su función, mediante la cuantificación de las radiaciones emitidas (con una gammacámara; que es un conjunto de detectores de radiación situados en forma de rejilla), que permiten obtener una idea del funcionamiento de los órganos.

Desde el punto de vista terapéutico, la medicina nuclear tiene sus principales aplicaciones en el cáncer de tiroides, el hipertiroidismo, tumo-



res hepáticos (primarios o secundarios) y el tratamiento paliativo del dolor óseo de origen metastático de determinados cánceres. Los procedimientos terapéuticos con radionúclidos se realizan con emisores de radiación beta, generalmente de energías elevadas

La tomografía computarizada por emisión de positrones (PET) y la tomografía computarizada por emisión de fotones simples (SPET) son modalidades o técnicas de imagenología nuclear que proporcionan información clínica acerca de procesos fisiológicos y bioquímicos derivados del cuerpo del paciente.

Estas técnicas se basan en la visualización y cuantificación de la distribución de los rayos gamma emitidos por los radioisótopos inyectados, en el cuerpo del paciente, los cuales poseen una vida extremadamente corta.

### **4.1. Tomografía computarizada por emisión de positrones (PET)**

Para obtener una imagen de Tomografía Computarizada por Emisión de Positrones (PET), se debe inyectar en el cuerpo del paciente una molécula biológica capaz de transportar un isótopo emisor de positrones. Pasados algunos minutos, desde que el isótopo es liberado, este se acumula en un área del cuerpo del paciente, por lo cual se afirma que el referido isótopo desarrolla una afinidad con dicha área, por ejemplo, la glucosa etiquetada como  $^{11}\text{C}$ , se puede acumular en tumores donde la glucosa se usa como fuente de energía principal.

Los núcleos radioactivos luego decaen emitiendo positrones, este es un proceso mediante el cual un protón del núcleo se transforma en dos partículas atómicas, ellas son: un electrón positivo (positrón) y un neutrón. De esta forma, aunque el átomo mantiene inalterado su masa atómica, disminuye en una unidad su número atómico. La combinación del positrón emitido y un electrón degenera en un proceso denominado



aniquilación, que es el encargado de generar fotones.

La alta energía asociada con los fotones hace que un conjunto de rayos gamma emerja del cuerpo del paciente en direcciones opuestas. Estos rayos son detectados por un arreglo de detectores ubicados alrededor del paciente. Luego de más de cien mil aniquilaciones, para generar las imágenes, se usa una serie de procesos de reconstrucción, tomando como referencia la distribución de las trazas emitidas por los positrones (Huerfano, Chacón, Vera, & Vera, 2016).

#### **4.2. Tomografía computarizada por emisión de fotones simples (SPECT)**

Es una técnica de imagenología médica basada en la medicina nuclear convencional y que utiliza métodos de reconstrucción tomográficos. Los rayos gamma provenientes de los fotones emitidos, desde una distribución farmacéutica interna, penetran el cuerpo del paciente y luego de atravesar los tejidos del cuerpo son colimados y absorbidos por un detector (o un conjunto de detectores) de radiación. Estos fotones experimentan la correspondiente interacción con los tejidos intervinientes

La información tridimensional (3-D) sobre la distribución de un radiofármaco puede ser obtenida usando la Tomografía Computarizada por Emisión de Fotón Simple (SPECT). Esta técnica ofrece la posibilidad de examinar diferentes procesos fisiológicos y bioquímicos que tienen lugar en el organismo humano. Cada parte del sistema es un detector de centelleo separado, compuesto por un colimador, un cristal de INa activado con TI (NaI (TI)), tubos fotomultiplicadores, un analizador de pulsos, y un circuito de posicionamiento espacial. Cuando un rayo gamma viaja a través del colimador y choca con el cristal, provoca un centelleo en el interior de los fotomultiplicadores que se transforma en una señal eléctrica. La intensidad de ésta señal está relacionada con la energía del rayo gamma, y es medido por los analizadores de pulso.



### **Imagen tomográfica (SPECT)**

Se realizan mediante una gammacámara rotatoria con uno o múltiples detectores. La SPECT combina la vista plana adquirida sobre múltiples ángulos alrededor del eje del cuerpo para dar cortes transaxiales que muestran la cantidad relativa de radiactividad detectada en cada punto de la imagen en un volumen tridimensional.

### **4.3. Gammagrafía**

La imagen gammagráfica se obtiene por la emisión de la radiación de los radiofármacos que se distribuyen en el interior del paciente una vez fijados a los tejidos de forma molecular.

#### **Gammagrafía**

Técnica diagnóstica que utiliza sustancias radiactivas (isótopos) para estudiar la anatomía y el funcionalismo de diferentes órganos y tejidos del cuerpo.

La gran ventaja de esta modalidad diagnóstica es su carácter funcional y su capacidad para evidenciar procesos pre-anatómicos de desarrollo patológico o anómalo que, junto con su elevada sensibilidad, permite diagnosticar alteraciones en fases muy precoces para poder ser tratadas.

### **4.4. Equipos de gammagrafía**

Gammacámara: también denominada cámara de gammagrafía, detecta la energía radioactiva que es emitida desde el cuerpo del paciente, y la convierte en una imagen. Constan básicamente de una camilla desplazable y uno o dos cabezales, donde se encuentran los llamados colimadores. La gammacámara está compuesta de detectores de radiación, llamados cabezas de cámara, que están encapsulados en metal y plástico, y generalmente tienen la forma de una caja unida a un gantry con forma de donut redonda circular.



Para comprender la operación básica de la cámara, consideremos el comportamiento de un solo rayo gamma. Al desintegrarse un radionucleido en el paciente, emite un rayo gamma que se dirige hacia el detector. Debe pasar por el colimador. El cristal de ioduro de sodio (INa(TI)) convierte los rayos gamma en luz. Los tubos fotomultiplicadores convierten la luz en señales eléctricas, estas señales se usan para determinar la posición y la energía de los rayos gamma. Si la señal de energía entra dentro de un rango de energías especificadas por la ventana de energía del analizador de altura de pulsos, en la pantalla del tubo de rayos catódicos aparece un solo flash de luz, en una ubicación correspondiente a la posición del rayo gamma. Una gran cantidad de rayos gamma detectados se usan para formar una imagen del órgano que se investiga.

Colimador: sistema que a partir de un haz (de luz, de electrones, etc.) divergente obtiene un haz paralelo. Sirve para homogeneizar las trayectorias o rayos que, emitidos por una fuente, salen en todas direcciones y obtiene un chorro de partículas o conjunto de rayos. Estos colimadores pueden ser de varios tipos, dependiendo de la energía que deben captar del radiofármaco utilizado.

Dentro de los cabezales están situados unos detectores que se encargan, mediante un proceso físico eléctrico, de transformar esta energía captada en imágenes, conjuntamente con un proceso informático. Exteriormente son muy similares a un tomógrafo (TC) de radiología. Los cabezales han de estar lo más próximos posible al paciente, para poder captar mejor la radiación emitida por el radiofármaco inyectado.





**Figura 28.** Equipo de gammagrafía. Gammacámara

### **4.5. Característica de los radionúclidos utilizados en gammagrafía**

Las sustancias utilizadas para la obtención de la imagen diagnóstica en las gammagrafías (isótopos) tienen la propiedad de emitir radiación gamma. Los elementos radiactivos que se utilizan se denominan radionúclidos. Una vez unida la molécula farmacológica al radionúclido, se obtiene el radiofármaco. Inyectado éste al paciente, ya se pueden obtener imágenes por la emisión de la radiación.

Estos isótopos deben presentar, además de la emisión de radiación gamma, una energía de emisión adecuada al sistema de detección. Otra de sus características más destacadas es la de poseer facilidad para unirse a otras moléculas y tener un período de semi-desintegración adecuado al estudio a realizar. La vida media de estos isótopos es variable, y oscila entre las 6 h del Tecnecio y los 8 días del yodo 131. El isótopo más utilizado es el tecnecio 99 metaestable. Otros radionúclidos empleados son el galio 67, el indio 111 y el yodo 131.

### **4.6. ¿Cómo se realiza un estudio de gammagrafía?**

La mayoría de las exploraciones gammagráficas precisan de la inyec-



ción intravenosa de un radiofármaco. Algunas se ingieren mientras que otras se inhalan en forma de gas. El radiofármaco debe distribuirse y fijarse en los tejidos, por lo que, dependiendo del estudio a realizar, transcurrirá más o menos tiempo entre la administración del radiofármaco y la captación de la imagen.

Con el pasar del tiempo, el marcador se concentra en la parte del cuerpo que se está estudiando. Esto puede tomar desde unos pocos segundos a varios días. El marcador concentrado emite rayos gamma que son captados por la gammacámara. Las señales son procesadas por una computadora, la cual las transforma en imágenes bidimensionales y tridimensionales (3-D), a veces con adición de color para mayor claridad.

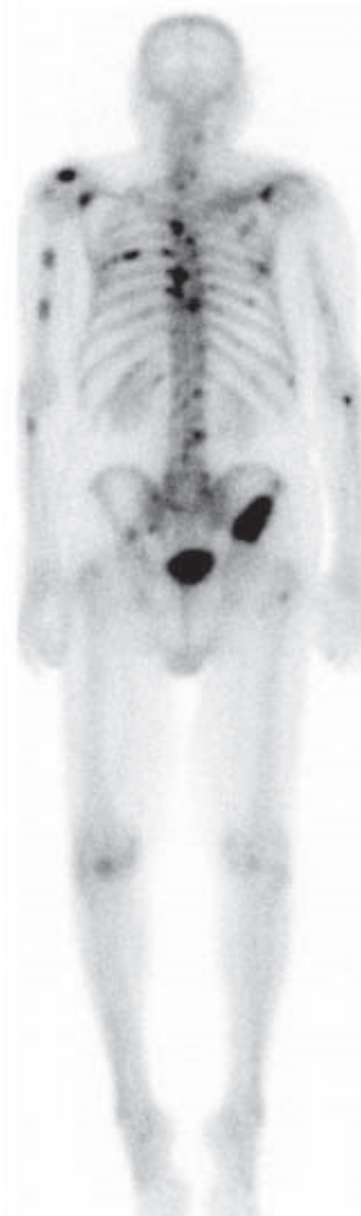
Algunas exploraciones, como la ventriculogammagrafía, las leucografías y las plaquetografías, precisan la extracción previa de una muestra de sangre para proceder al marcaje de las células, que posteriormente serán reinyectadas para proceder a la exploración gammagráfica.

### **4.7. Indicaciones y procedimientos por órganos**

#### **1. Sistema músculo esquelético**

**Gammagrafía ósea:** Diagnostico de tumores óseos primitivos benignos o malignos y sus metástasis óseas, osteomielitis, sacroileitis, osteodistrofia renal, dolor lumbar o de otra localización de causa no aclarada, fractura de estrés, traumatismos, algodistrofias, osteonecrosis aseptica, estudio del cartílago de crecimiento (trastornos fisarios), síndrome del niño maltratado, infartos óseos (drepanocitosis), enfermedad de Paget, en definitiva, cualquier patología ósea primaria o secundaria a otro trastorno. El radiotrazador fosfatado es adherido a los cristales de hidroxapatita de calcio del tejido óseo. La intensidad de fijación es proporcional al grado de actividad ontogénica, la cual está aumentada en toda lesión ósea representando un mecanismo de reparación.

La gammagrafía ósea explora los huesos y las articulaciones. Desde el punto de vista de la dinámica de la prueba, requiere la inyección del radiofármaco y una espera de unas 2 h para la obtención de las imágenes. En ocasiones se debe realizar lo que se denomina captación precoz, que consiste en inyectar el radiofármaco e inmediatamente captar la imagen. Posteriormente se realiza la fase tardía pasadas 2 h.



**Figura 29.** Gammagrafías óseas de cuerpo completo



## 2. Nefro-urología

**Gammagrafía renal:** Detección de cicatrices corticales renales en la pielonefritis, malformaciones o malposiciones renales (riñón en herradura), infecciones urinarias altas (pielonefritis aguda), valoración pre-nefrectomía. El raditrazador es incorporado a la célula del túbulo proximal donde permanece fijo durante un lapso prolongado, permitiendo obtener una imagen anatomofuncional de la corteza renal. Se puede valorar la función renal absoluta (en qué proporción participa cada riñón de la función renal total) y la función renal relativa (en qué proporción trabaja un riñón con respecto al otro).

En esta prueba es importante que el paciente esté bien hidratado, por lo que se le indicará que beba un par de vasos de agua un poco antes del inicio de la prueba. El paciente se acuesta sobre el tablero de la gammacámara. Se inyecta el radiofármaco por vía periférica. Inmediatamente se inicia la adquisición de imágenes de forma dinámica (película). Se canaliza una nueva vía en el brazo contrario (ya que en el brazo utilizado para la inyección del contraste hay presencia de radiofármaco, que daría resultados falsos) para proceder a la extracción de 5 ml de sangre, a los 10 y 30 min de la inyección del radiofármaco. En algunos casos se puede administrar un diurético tras la primera extracción de sangre a los 10 min. Las muestras de sangre serán posteriormente cuantificadas para valorar el funcionamiento renal. La prueba dura 30 min.

## 3. Neumología

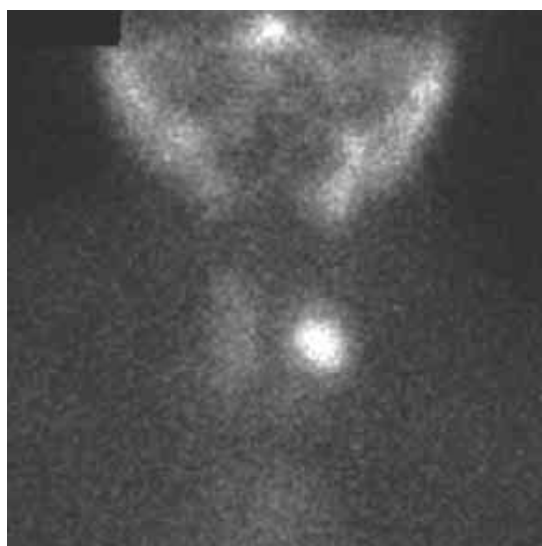
**Gammagrafía de perfusión:** diagnóstico del Trombo Embolismo Pulmonar (TEP), su control y recidiva, evaluación pre-neumonectomía de la función pulmonar regional, malformaciones pulmonares, control de cirugías reparadoras de patologías congénitas. Explora la circulación pulmonar. La captación del raditrazador es proporcional al flujo sanguíneo regional pulmonar. Las partículas de albumina marcadas presentan un diámetro capaz de ocluir la luz de las arteriolas terminales y capilares pulmonares causando una microembolización al azar. La

distribución es proporcional al flujo sanguíneo pulmonar y ocasiona trastornos hemodinámicos significativos, salvo en pacientes con insuficiencia respiratoria severa.

### 4 Endocrinología

**Gammagrafía tiroidea:** Hiper/hipofunción, tumoral, diagnóstico de bocio difuso, nódulo tiroideos hiperfuncionantes o no funcionantes, bocio multinodular, intratorácico, quiste tirogloso, tumoración de cuello de origen indeterminado, agenesia tiroidea. Principalmente realizada con pertecnetato, el anión pertecnetato es captado por la célula tiroidea mediante un mecanismo de membrana similar al del anión yoduro aunque no es organificado. El grado de captación es dependiente del estado funcional de la glándula.

La gammagrafía de tiroides es una técnica inocua que no requiere preparación alguna. La técnica consiste en la inyección del radiofármaco a nivel venoso (brazo). Posteriormente se realiza la lectura y la obtención de la imagen en la gammacámara, pasados unos minutos tras la inyección. Después de la exploración el paciente no debe realizar o tener en cuenta cuidado alguno.



**Figura 30.** Gammagrafía tiroidea convencional en proyección anterior

# CAPÍTULO V

## MAMOGRAFÍA







La mamografía es un método de obtención de imagen muy eficaz para detectar, diagnosticar y orientar el tratamiento de una gran variedad de enfermedades de la mama, especialmente el cáncer. Por otra parte, se trata del modo de diagnóstico por imágenes de más delicada ejecución por la característica tisular de las mamas y las pequeñas lesiones que deben ser detectadas por el estudio. Esta necesidad viene dada por una combinación de dos elementos.

- Tejido mamario: presenta una sensibilidad relativamente alta a algunos de los efectos adversos de la radiación, y en segundo lugar, para obtener la calidad de imagen que se necesita en mamografía, hay que dar una exposición de radiación mayor que en otros tipos de estudios radiológicos. Esto se debe a que la mama está compuesta de tejido blando (sin huesos ni aire) y posee por ello un contraste muy bajo.
- Mayor cantidad de radiación: para obtener imágenes con buena visibilidad tanto de la anatomía normal de la mama como de los indicios de patología.

### **Mamografía**

Estudio radiológico de la glándula mamaria y utiliza los rayos X de baja potencia para localizar zonas anormales y cáncer en la mama en sus primeras fases

La mamografía actualmente es el método de imagen más utilizado tanto en el estudio de pacientes con síntomas mamarios como en pacientes asintomáticas, con el fin de diagnosticar el cáncer de mama en estadios iniciales.

La mamografía tiene dos finalidades:

- Tamizaje: se realiza en mujeres asintomáticas con fines de detección e incluirá dos proyecciones:
  - Cráneo-caudal.
  - Medio lateral oblicua.





Existe acuerdo en que la utilización conjunta de dos proyecciones como prueba de tamizaje incrementa la sensibilidad y puede reducir la tasa de repetición de mamografías.

- Diagnóstica. se realiza en la mujer que tiene un estudio radiológico de tamizaje anormal o cuando exista alguna de las siguientes situaciones:
  - Antecedente personal de cáncer.
  - Sintomatología.

La mamografía es una radiografía especial de toda la mama que comprende no sólo la glándula, sino su extensión yuxta-axilar, axilar y planos profundos pretorácicos. Por esta razón la mamografía es una técnica radiológica especialmente compleja debido a la arquitectura de la mama. Ésta se compone de tres tipos de tejidos (adiposo, fibro-conectivo y glandular) distribuidos dentro de la mama sin seguir un patrón fijo, variando de mujer a mujer así como con la edad.

El reto de la mamografía consiste en distinguir entre estos tejidos normales y las áreas patológicas, las cuales tienen coeficientes de absorción radiológica muy similares y, a su vez, las imágenes patológicas pueden ser sumamente pequeñas como las microcalcificaciones, por lo cual se requiere excelente definición de contrastes y una muy alta resolución.

### **5.1. Formación de la imagen en mamografía**

La imagen mamográfica es producida de la misma forma que la imagen de radiografía convencional. Un haz de rayos X proveniente de una fuente casi puntual incide sobre la mama comprimida y la fracción del haz que es transmitida a través del tejido queda registrada en un receptor de imagen. Debido a la dispersión del haz de rayos X a partir de la fuente, las estructuras dentro de la mama son amplificadas según son proyectadas en el receptor de imagen. Esta imagen producida, no es más que el resultado de la atenuación diferenciada de los rayos X a



su paso por estas estructuras. Cuando el haz de rayo X incide sobre la mama de la mujer, la atenuación de los distintos tejidos forma un relieve de intensidad de rayos X conocido como imagen radiológica primaria. Esta imagen pasa de ser imagen latente a imagen visible mediante pantallas fluorescentes, películas, entre otras.

Para obtener una imagen de mamografía con alta calidad diagnóstica, de acuerdo con el Ministério Da Saúde (2018) es necesario algunos requisitos técnicos como:

- Incluir la mayor cantidad posible de tejido mamario en el área de la imagen.
- Producir la imagen con un contraste adecuado de todas las partes de la mama, permitiendo así la detección de las diferentes atenuaciones del haz de rayos X entre los tejidos normales (sanos) y los diferenciados (enfermos).
- El sistema de imagen debe poseer un intervalo dinámico adecuado para mostrar esas diferencias de contraste en la composición y densidad de los tejidos. Este intervalo debe ser capaz de diferenciar tejidos próximos al borde de la mama, donde existe poca atenuación (o sea, muchos fotones llegando al receptor de imagen), y también en el centro de la mama, donde la atenuación de los fotones llega al 99% del valor inicial.
- Tener una resolución espacial suficiente que permita visualizar los detalles finos asociados con hallazgos de cáncer de mama, tales como las microcalcificaciones y los bordes de las estructuras finas de la mama. Es deseable la percepción de detalles estructurales del orden de 150  $\mu$ m.
- Controlar el nivel de fluctuaciones aleatorias (ruido) en la imagen, facilitando así la detección confiable del cáncer.
- Mantener la dosis absorbida en la mama en el menor nivel posible, compatible con la realización de una imagen de alta calidad diagnóstica. Como la mama es sensible a la radiación ionizante, lo cual para altas dosis se conoce como inducción del cáncer de mama, se debe utilizar el menor nivel de dosis absorbida po-



sible para atender los requisitos de una imagen con alta calidad diagnóstica.

### **5.2. Equipo para mamografía**

- Mamografo: equipo de rayos X, que realiza las radiografías de mama, actualmente estos aparatos utilizan el mismo principio aportando innovaciones a fin de obtener mejor calidad de imagen, definición, contraste y menor dosis de radiación. Como la mama debe ser examinada en diferentes ángulos, la altura de la torre es ajustable y la misma debe rotar sobre su eje horizontal, para así poder acomodar pacientes con diferentes alturas.
- Estativo: los equipos presentan, por lo general, un estativo vertical y un brazo porta tubo móvil, su mecanismo está concebido para realizar el examen en posición de bipedestación, pero también, pueden acoplarse para exámenes con la paciente sentada o tumbada. El brazo puede realizar dos tipos de movimientos, un movimiento vertical, en función de la altura de la paciente y un movimiento circular, que permite incidencias variadas.
- Generador: Los aparatos están equipados en la actualidad con generadores de alta frecuencia, lo que reduce el tiempo de exposición.
- Tubo emisor de rayos X: el tubo de Rx emite la radiación necesaria para realizar el examen de mamografía, son de paredes metálicas con un ánodo rotatorio de molibdeno y dos focos:
  - De 0.3 mm para las técnicas estándar (mamografía de contacto).
  - De 0.1 mm para las proyecciones ampliadas. La ventana de salida del tubo es de berilio.

### **5.3. Tipo de mamografía**

#### **Mamografía convencional**

En la mamografía convencional la imagen se obtiene usando detecto-



res pantalla-película, que graban los fotones de radiación que pasan a través de la mama. En este sistema, la imagen una vez obtenida no puede modificarse. La labilidad de la película mamográfica plantea inconvenientes en el almacenamiento a largo plazo.

En este tipo de mamografía, el sistema película-pantalla intensificadora SFS (por siglas en inglés screen-film system), las etapas de adquisición, presentación y archivo de la imagen ocurren en un único medio, la película radiográfica.

El SFS todavía es ampliamente utilizado debido a una serie de ventajas, tales como:

- gran resolución espacial de hasta 20 pares de líneas por milímetro, que permite mostrar estructuras finas espiculares y micro calcificaciones
- alto contraste, que permite la visualización de tejidos con diferencias muy sutiles de densidad;
- uso de negatoscopios de alta luminosidad que mejoran la visualización de áreas de alta densidad óptica (oscuras) en las imágenes; y la facilidad para ordenar las películas en el negatoscopio, lo que permite la presentación simultánea en varios negatoscopios de imágenes con proyecciones realizadas durante el tamizaje y las proyecciones complementares realizadas posteriormente, así como de exámenes anteriores.
- posibilidad de usar películas de 18 cm x 24 cm y 24 cm x 30 cm, permite la radiografía de las mamas en todos los tamaños.
- El SFS presenta algunas limitaciones. Entre ellas, la limitada gama de valores de tonos de gris o rango dinámico (dynamic range) reducido. Sin embargo, es un sistema económico y eficaz en la producción de imágenes cuando se realiza bajo los estándares técnicos adecuados. (Unidad de Prevención del Cáncer, 2000)



### **Mamografía digital**

Los sistemas digitales para mamografía están basados en detectores que producen una imagen no continua sino constituida por pequeños elementos separados (píxeles). Utilizan una computadora para adquirir, procesar, almacenar y transferir las imágenes.

La tecnología digital brinda ventajas y posibilidades tales como: archivo, teleconferencia, tomosíntesis y aplicación de la detección asistida por computadora (CAD), la posibilidad de realizar la lectura directa en monitores, sin necesidad de imprimir películas y numerosas herramientas que facilitan la lectura de las imágenes (magnificaciones con lupas electrónicas, inversión de polaridad de las imágenes) y su comparación con exámenes anteriores almacenados en la base de datos.

Esta técnica radiográfica de la mama en la cual el SFS, usado como receptor de imagen en la mamografía convencional de acuerdo con Pisano , Gatsonis & Hendrick (2005) es sustituido por un detector electrónico (sistema de DR) o por una placa de imagen (IP) de fósforo fotoestimulable (sistema CR). En el sistema DR, cada elemento de la matriz del detector electrónico absorbe los rayos X transmitidos a través de la mama, produciendo una señal eléctrica proporcional a la intensidad de los rayos X. Esta señal es convertida en formato digital y almacenado en una memoria del computador para formar la imagen por medio de un programa (software).

La mamografía digital tiene dos expresiones:

Mamografía digital directa (DR): usa un sistema directo, donde los equipos con sus detectores convierten directamente sus lecturas. Mide directamente los fotones de radiación que pasan por la mama. El equipo digital tiene la capacidad de leer los primeros fotones y mayor cantidad de ellos, lo cual no es factible con el sistema analógico, lo que permite un mapeo más exacto y más amplio de las variaciones de atenuación de los tejidos mamarios. Los mamógrafos digitales directos tienen detectores de radiación que convierten en un solo paso la información en



carga eléctrica. Habitualmente utilizan selenio como fotodetectores por su afinidad con los rayos X. (Instituto Nacional del Cáncer, 2015)

Mamografía digital indirecta o radiología computada (CR): usa un lector láser y procesa la placa obtenida en un mamógrafo convencional. Utiliza chasis similares a los analógicos, pero en lugar de la placa radiológica contiene una placa de fósforo fotoestimulable que almacena la información recibida al efectuar la mamografía y la mantiene en forma latente. El chasis con la placa de fósforo se introduce en el equipo lector que toma la imagen y, mediante fotoestimulación con láser y un proceso electrónico, la transforma en imagen digital que puede ser luego transmitida a los monitores de lectura de informes e impresa en placas especiales para imágenes digitales. (Instituto Nacional del Cáncer, 2015)

### **Examen mamográfico**

Antes de realizar el examen mamográfico a un paciente es necesario conocer:

- Movilidad del órgano y de la articulación escápulo-humeral
- Constitución física del tórax
- Tipo y volumen de la mama
- Disposición emocional de la paciente

gualmente hay que recordar que la mama es un órgano periférico, elástico y móvil, por lo que:

- Su volumen es cambiante.
- Se inserta al tórax, pende del músculo pectoral, por lo cual la relajación de este último será fundamental para traccionar correctamente la mama en su posicionamiento.
- La mama es más móvil en sus sectores externo e inferior. La tracción desde sus sectores móviles hacia los fijos (de externo a interno y desde inferior a superior) permitirá un menor desplazamiento de la paleta compresora, mayor toma del plano posterior y mejor despliegue.



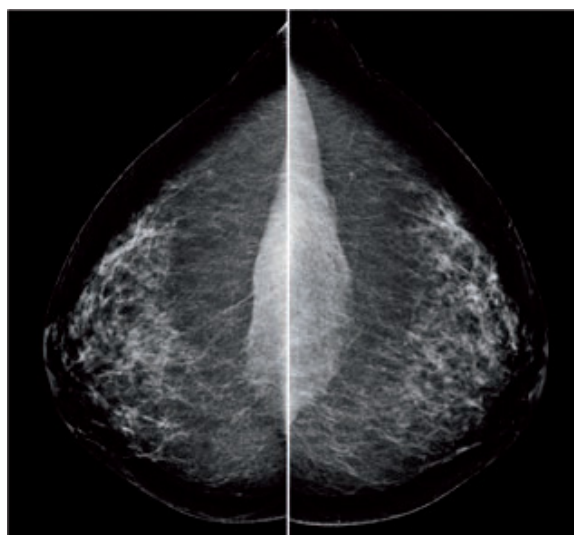
### 5.4. Proyecciones mamográficas

En un estudio mamográfico se distinguen proyecciones que se consideran estándar y las complementarias cuando así sea requerido, a continuación se señalan las proyecciones estándar más utilizadas.

#### Proyecciones estándar

a) Cráneo –caudal (CC): se eleva la mama por encima del plano del portachacis, traccionando hacia arriba y hacia afuera a la vez que se separa de la pared torácica. La compresión de la mama se realiza desde la zona superior y el eje del pezón debe ser perpendicular al borde del portachacis. Es necesario que se incluya la mayor cantidad de tejido mamario. Con esta proyección se debe observar el tejido medial, subareolar, central y algo del lateral. Las ventajas que existen en la posición CC de la proyección medial son:

- Se observa con mayor precisión el tejido medial.
- Permite la evaluación del tejido y/o localización de lesiones de los cuadrantes interno (inferior en la placa) y externo (superior en la placa) de la mama.
- El contacto visual con el paciente es más directo.
- El tejido lateral se estira para disminuir los pliegues de la piel.



**Figura 31.** Proyecciones mamográficas estándar. Cráneo caudal

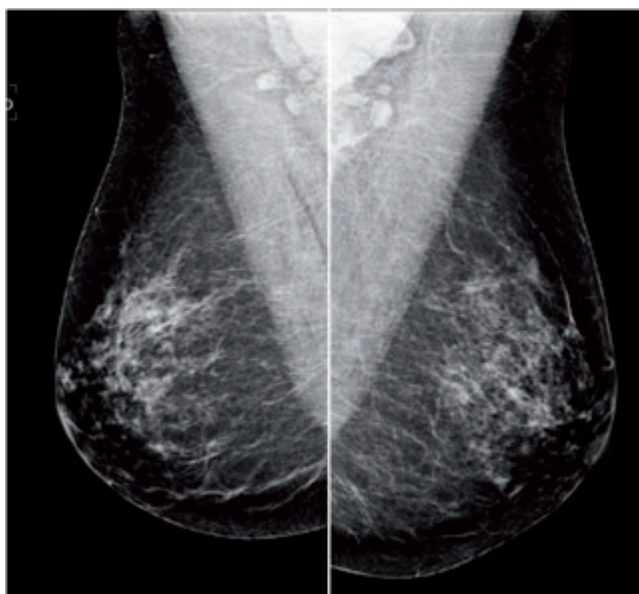


b) Oblicua medio-lateral (OML): se inclina el tubo generalmente de 30° a 45°. Se eleva la mama tirando hacia ella y hacia adelante, la axila debe quedar por encima del borde del detector, evitando que se produzca pliegues en el tejido de la mama. Se debe incluir la mayor calidad del tejido mamario, representándose la mama desde la axila al pliegue inframamario, una vez sea realizada la compresión, se debe asegurar de que el pezón quede paralelo al detector. En esta proyección se observa:

- Todo el tejido mamario.
- El tejido en dos planos.
- Se obtiene una compresión máxima paralela al músculo pectoral.
- Permite la evaluación del tejido y/o localización de lesiones en cuadrantes superiores e inferiores de la mama.

c) Lateral o medio lateral (ML): se inclina el tubo a 90° de manera que el portachacis se sitúa en la cara externa de la mama. Seguidamente se eleva la mama y se tira de ella hacia adelante. Una vez que se realiza la compresión, se asegura que el pezón quede paralelo al detector. El brazo debe quedar apoyado en el borde externo del portachacis en todo momento para evitar retraer la mama. Se utiliza para lesiones en el sector externo de la mama.





**Figura 32.** Proyecciones mamográficas estándar. Oblicua mediolateral

d) Latero-medial: se inclina el tubo a  $90^\circ$  y el portachacis se coloca en la cara medial de la mama y el haz de rayos incide por la cara externa. Se eleva la mama y se tira de ella hacia adelante. Una vez que se realiza la compresión, el pezón debe quedar paralelo al detector. Se utiliza para lesiones en el sector interno de la mama.

### **5.5. Proyecciones complementarias**

a) Proyección cráneo-caudal extendida o exagerada: permite representar lesiones en la parte exterior (fuera de la parte central) de la mama incluyendo el tejido axilar. Se posiciona a la paciente como para un examen de rutina CC y, a continuación, se eleva el pliegue inframamario y se gira a la paciente hasta que la parte lateral de la mama quede sobre la bandeja de examen. El tubo puede inclinarse hasta los  $10^\circ$  o  $15^\circ$ .

b) Proyección con compresión focalizada: para mejorar la separación de tejido mamario se reduce la distancia objeto-película; generalmente se combina con magnificación para mejorar la resolución. Es especial-



mente útil para esclarecer dudas en zonas densas. Este método permite reducir aún más el espesor de la mama en una zona localizada.

c) Proyección con compresión focal y magnificación: permite magnificar y diferenciar masas con márgenes no definidos, o morfología, número y distribución de calcificaciones. Debe usarse siempre el foco fino. No se debe utilizar rejilla antidifusora (bucky) debido a que la magnificación emplea un espacio de aire que no permite a la radiación dispersa alcanzar la película.

d) Proyección tangencial (con perdigón metálico): áreas palpatorias o para el diagnóstico de calcificaciones u otras alteraciones cutáneas

### **5.6. Lectura e interpretación mamográfica**

El Colegio Americano de Radiología, ante la necesidad de una mejor comunicación entre los radiólogos y los médicos que solicitan el examen mamográfico, creó una terminología estándar, llamada de Breast Imaging Reporting and Data System, más conocida por su sigla BI-RADS. El principal objetivo de este manual, que en 2003 tuvo su cuarta y última edición, es, entre otras, estandarizar el reporte mamográfico, mejorando su calidad y la comunicación entre médicos tratantes, radiólogos y pacientes, y en forma secundaria se convierte en una poderosa herramienta de investigación, auditoría y seguimiento.

### **5.7. Reporte mamográfico**

Todo reporte mamográfico consta de cinco partes, tal como se refleja en la tabla 5.



**Tabla 5.** Estructura del reporte mamográfico

<b>Renglón</b>	<b>Descripción</b>
Indicaciones	Señalar procedimientos, incluyendo tratamientos recibidos y cuando se dispone de estudios previos se deben registrar, incluyendo la fecha.
Composición de la mama	Se hace un análisis global de las proyecciones radiográficas obtenidas, describiendo la cantidad, densidad y distribución del parénquima mamario. En general éste es simétrico en densidad y distribución
Hallazgos significativos	Que sugieran malignidad como lo son: nódulos, distorsión arquitectural y las microcalcificaciones
Comparar con estudios previos	Se debe dejar consignado en el informe que están disponibles y que se usaron para determinar si hubo cambios evolutivos
Impresión global	El sistema de codificación consta de siete numerales específicos (0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6) que califican a cada estudio de acuerdo a su grado de probabilidad de corresponder a un carcinoma de mama
Recomendaciones	

**Fuente:** elaboración propia a partir de Poveda (2010)

Es importante que, en el informe, se describa la radiodensidad de las mamas, pues esto puede interferir en la sensibilidad de la mamografía. Es conocido que, en mamas extremadamente densas y/o heterogéneamente densas, existe una disminución de la sensibilidad del examen.

### **Terminología imagenológica en mamografía**

De acuerdo con el manual BIRADS (2003), se detalla la semiología imagenológica para la descripción de los hallazgos que se deben emplear en la elaboración del informe:

a) **Nódulo:** se define como toda imagen redondeada u ovoide que tiene representación en dos diferentes proyecciones mamográficas del mismo seno. Si la imagen se evidencia en una sola, se denomina asimetría. En los nódulos se evalúan la morfología, contornos y densidad.

- La morfología se categoriza en alguno de los siguientes cuatro:



- Redondeado
- Ovalado
- Lobulado
- Irregular: el de mayor relevancia ya que las neoplasias en general se manifiestan así.

Contornos de cada nódulo que se clasifican en cinco:

- Circunscritos: al menos el 75% de su perímetro debe estar bien delimitado y el resto superpuesto al tejido mamario
- Microlobulados ocultos: se emplea cuando se cree que es bien delimitado pero está enmascarado en tejido mamario.
- Borrosos: en los que al menos una porción del perímetro está mal definido pero no debido a parénquima adyacente.
- Espiculados: que es un signo semiológico que da valor predictivo positivo (VPP) de malignidad del 93%.

Densidad del nódulo: se toma como referencia para comparar con un volumen similar de tejido mamario. Se categorizan cuatro: hiperdenso, isodenso, hipodenso sin grasa e hipodenso con grasa.

b) Calcificaciones: se subdividen en tres categorías.

- Lesiones benignas que dan un 100% de certeza de benignidad, y son las calcificaciones cutáneas, las vasculares, las groseras o en “palomitas de maíz” por fibroadenomas, las calcificaciones en “vara”, por mastitis de células plasmáticas, las redondeadas-puntiformes (menores de 0.5 mm), las de centro radiolúcido, las de aspecto en “cáscara de huevo” o anillo y/o aquellas que se ven en suturas y las distróficas.
- Sospecha intermedia: entre las cuales se incluyen la amorfas o indiferenciadas y las heterogéneas groseras.
- Altamente sospechosas de malignidad: se subdividen a su vez en pleomorfos finos y en lineales finos ramificados. Este grupo confiere el mayor grado de sospecha y su aspecto representa el molde irregular (el negativo) de los conductos obstruidos con



proceso neoplásico en sus paredes.

c) Distorsión de la arquitectura: implica la presencia de densidades lineales que se irradian desde un solo punto, asociadas o no con un nódulo y pueden ser secundarias a neoplasia, necrosis grasa o antecedente quirúrgico.

d) Casos especiales: se describen hallazgos mamográficos específicos a considerar:

- Estructura tubular asimétrica (conducto solitario dilatado) que si es un hallazgo aislado no tiene significancia patológica.
- Ganglios linfáticos intramamarios.
- Asimetría global: parénquima mamario que ocupa más de un cuadrante, no palpable.
- Asimetría focal: parénquima mamario que ocupa menos de un cuadrante, no palpable y que no cumple criterios de nódulo.

e) Hallazgos asociados: se refiere a cambios mamográficos relacionados con neoplasia maligna como la retracción cutánea, la del pezón (en ausencia de otros hallazgos no es signo de malignidad), el engrosamiento cutáneo (normal: menor o igual a 2 mm de espesor) que puede ser focal o difuso, engrosamiento trabecular (de los septos fibrosos de la mama), lesiones cutáneas y adenopatías axilares.

Categorías BIRADS

**BI-RADS 0:** estudio no concluyente, que requiere de estudios adicionales de imagen para una interpretación adecuada (proyecciones magnificadas o focalizadas, ecografía mamaria<sup>19</sup>). Debe quedar muy claro que BI-RADS 0 NO corresponde al riesgo más bajo, sino que no tiene con el o los presentes estudios elementos suficientes como para definir la probabilidad de cáncer.

**BI-RADS 1:** estudio negativo o normal, donde se encontraron las estructuras sin daño aparente. Por lo que el control queda a criterio del médico solicitante, siendo éste un nuevo estudio cada año o cada dos



años, dependiendo de la edad y de los factores de riesgo de la mujer solicitante.

**BI-RADS 2:** estudio que presenta una imagen con lesión o lesiones de naturaleza benigna específica (quistes, fibroadenomas, etc.) que requieren seguimiento o tratamiento ocasional según indicación clínica o igual al BI-RADS 1.

**BI-RADS 3:** estudio probablemente benigno. Presenta una imagen que será benigna en un 98% de los casos, pero que no es concluyente, por lo que se debe realizar un seguimiento a base de estudios mamográficos (y/o ecográficos) cada 6 meses de la mama involucrada y anual de la contralateral, durante 2-3 años para asegurar estabilidad y descartar malignidad.

**BI-RADS 4:** estudio que presenta una imagen con apariencia de malignidad no contundente, por lo que debe sugerirse al médico tratante la realización de una biopsia para la confirmación citohistopatológica de la lesión detectada por imagen.

**BI-RADS 5:** estudio que presenta imágenes altamente sugestivas de malignidad (microcalcificaciones pleomórficas en grupo mayor de 5, imagen nodular irregular, distorsión de la arquitectura mamaria, etc.). En estos casos se recomienda la realización de una biopsia para hacer el estudio citohistopatológico en forma urgente para corroborar el diagnóstico y llevar a cabo el tratamiento oportuno.

**BI-RADS 6:** cuando el estudio a evaluar corresponde a una paciente que ya posee una biopsia de una lesión que es positiva para carcinoma mamario, aún no tratado.



# **CAPÍTULO VI**

## **RESONANCIA MAGNÉTICA**



**M AWIL**

Publicaciones Impresas  
y Digitales







La resonancia magnética (RM) es un método de diagnóstico por imagen no radiológico, es decir no necesita proyectar radiación de ningún tipo contra el objeto de estudio lo cual la hace inocua. La técnica produce imágenes de altísima calidad de los órganos y estructuras del cuerpo permitiendo estudiar múltiples lesiones y enfermedades, incluso en sus etapas iniciales.

Ya que es una técnica de diagnóstico por imagen, esta definición la engloba dentro de un conjunto de técnicas médicas cuyo objetivo es facilitar un diagnóstico mediante una visualización del interior del cuerpo. Dentro de estas técnicas se encuentran la ecografía, la tomografía axial computerizada (TAC,) y los rayos X (Rx).

Aunque las imágenes finales puedan resultar muy similares, son muy distintas tanto en lo que muestran como en el método seguido para obtenerlas. Como se estudiado en capítulos anteriores, las que presentan mayores similitudes son los Rx y TAC que se basan en el coeficiente de atenuación de los rayos X. Al bombardear un cuerpo con fotones de alta intensidad, estos son capaces de atravesar la materia blanda o poco densa, por ejemplo pulmones, intestinos, músculo, entre otros, quedando retenidos por la materia dura o densa, fundamentalmente los huesos. Los fotones que consiguen atravesar el cuerpo impresionan una película fotográfica, creando una imagen que en realidad no es más que una sombra ya que donde se ve un hueso es en realidad una zona que no pudo ser alcanzada por los fotones.

Los Rx y su evolución el TAC tienen gran importancia en el diagnóstico médico. Sin embargo presentan un inconveniente, con esta técnica las partes blandas no forman imágenes claras. Quedaban así sin poder verse órganos como tendones, ligamentos o el cerebro, entre otros.

En este sentido, la resonancia magnética es una técnica no destructiva basada en el hecho de que los núcleos atómicos pueden entrar en resonancia con ondas de radiofrecuencia (RF). Además la técnica per-



mite obtener información estructural y estereoquímica de compuestos en un tiempo asequible por lo que tiene múltiples aplicaciones. Estas características han supuesto un nuevo cambio cualitativo en los estudios de imagen del cuerpo.

Los puntos fuertes de esta técnica diagnóstica se deben, entre otras:

- Gran valor diagnóstico por resolución de contraste: la imagen presenta excelente contraste entre los tejidos blandos.
- Representación de la anatomía en cualquier plano: permite recurrir a cualquier plano del espacio, de hecho, al mejor que se adapte a la especial configuración de la anatomía del proceso que se vaya a estudiar.
- Gran sensibilidad al flujo vascular:
- Reacciones adversas mínimas
- Técnica no invasiva.
- La capacidad de penetración sobre el cuerpo humano. Es decir, la imagen de resonancia magnética (IRM) permite penetrar hasta el interior del hueso, de forma que se puede diagnosticar problemas que antes no eran posibles.
- Permite hacer cortes del cuerpo humano, en cualquier plano, y en equipo más modernos, se pueden realizar reconstrucciones en 3 dimensiones (3D) de las diferentes partes afectadas.

### **6.1. Principios básicos de la resonancia magnética**

#### **Magnetismo Nuclear**

El átomo consta de un núcleo rodeado por una densidad electrónica. Estos electrones tienen dos componentes de momento angular, el orbital (movimiento alrededor del núcleo) y el intrínseco (spin). Éste último es el que se entiende como giro sobre sí mismo. El núcleo se compone de protones y neutrones, ambos denominados nucleones. Los protones tienen carga positiva, mientras que los neutrones carecen de carga. El



movimiento orbital de las cargas dentro del núcleo es equivalente a una pequeña corriente eléctrica que viaja a través de un diminuto aro de alambre que genera un pequeño campo magnético que se asemeja a una barra imanada (dipolo magnético). A este efecto se adiciona el aporte del spin de las partículas constituyentes del núcleo.

Los campos magnéticos se miden en unidades conocidas como Tesla. Un Tesla equivale a 10.000 Gauss. Los materiales con propiedades magnéticas tienden a alinear sus momentos magnéticos en la dirección de las líneas de campo magnético externo aplicado.

La técnica es útil sólo para aquellos núcleos que no posean momento magnético nulo, por ejemplo el del átomo de hidrógeno. Éste posee la estructura atómica más simple, estando constituido por un núcleo que contiene un protón y por una corteza en la que hay un electrón. Además, los átomos de hidrógeno son muy abundantes en el organismo humano (constituido por 70% de agua), siendo por lo tanto su núcleo una elección natural para aplicar las técnicas de resonancia magnética en el cuerpo humano. Dentro del cuerpo, los átomos de hidrógeno se orientan de forma aleatoria, de modo que no existe un campo magnético resultante. Sin embargo, si se aplica un campo magnético  $B_0$ , la interacción de éste con los núcleos móviles con carga positiva hará que cada protón empiece a rotar con un movimiento precesional (movimiento que describe un cono de giro).

Este movimiento crea corrientes atómicas y con ellas un momento magnético, que es lo que hace que se comporten de forma diferente ante la presencia de campos magnéticos externos ( $B$ ). Dependiendo de este momento tienen un valor de susceptibilidad magnética  $\chi_m$  concreto, que es un parámetro utilizado para clasificar los materiales.

En función de su  $\chi_m$  los materiales se clasifican en:

- Diamagnéticos ( $\chi_m < 0$ ): Crean un campo magnético interno opuesto al campo externo, siendo repelidos por imanes perma-



nentes.

- Paramagnéticos ( $\chi_m > 0$ ): Crean un pequeño campo magnético interno a favor del campo externo, **no viéndose afectados** a nivel macromolecular por el campo externo, a no ser que tenga  $\chi_m \gg 0$ .

Dentro de este grupo están los materiales ferromagnéticos, que tienen una alta  $\chi_m$  y poseen una imantación residual; pueden ser imanes permanentes, viéndose atraídos por los campos magnéticos externos.

En presencia de un campo magnético estático  $B_0$ , los núcleos atómicos se orientan dependiendo de su  $\chi_m$ . A mayor campo, mayor es el número de protones capaz de orientarse.

En un campo magnético homogéneo, como el creado por el imán principal ( $B_0$ ), todos los protones oscilan con la misma frecuencia haciendo imposible determinar desde qué punto llega cada señal. Para transformar la señal obtenida de relajación de los núcleos en una imagen con valor diagnóstico es necesaria la existencia de otro campo magnético. Se consigue localizar las señales de los distintos tejidos al aplicar campos magnéticos locales que, sumados a  $B_0$ , causan distorsiones predecibles de  $B_0$ , variando la frecuencia de oscilación de los protones de la zona seleccionada.

Estos campos magnéticos locales son los llamados gradientes de campo magnético (GR).

### **6.2. Formación de la imagen de resonancia magnética (IRM)**

Las imágenes de resonancia magnéticas se obtienen, de acuerdo con Stark & Bradley (2007) debido a que es posible diferenciar tejidos y la estructura de acuerdo con su mayor o menor magnetismo en un momento dado. La magnetización se debe a factores intrínsecos y ex-



trínsecos.

a) Factores intrínsecos: son inherentes al tejido que se estudia, por lo que no se tiene control sobre ello. Estos factores son:

- Densidad protónica: es el número de protones en el volumen de la imagen (DP).
- Tiempo de relajación en T1: tiempo que tarda los protones en liberar el exceso de energía.
- Tiempo de relajación en T2: tiempo que tarda los protones en desfasarse.

Por ejemplo:

- La grasa tiene T1 corto, pues no le cuesta liberar energía. Y un tiempo de relajación T2 corto, en otras palabras se desfasa rápido
- El agua tiene T1 largo, es decir, el tiempo de relajación es largo debido a le cuesta liberar energía. Tiempo de relajación T2 largo se desfasa lentamente.

b) Factores extrínsecos: sirven para potenciar las diferencias de composición de los tejidos que van a determinar las diferencias en los tiempo de relajación T1 y T2 de los mismos.

- Tiempo de repetición (TR): es el tiempo entre un pulso de radiofrecuencia y el siguiente.
- Tiempo de Eco (TE): es el tiempo que transcurre entre un pulso de radiofrecuencia y la obtención del eco.
- Ángulo de basculación: es el ángulo de inclinación del vector momento magnético de los núcleos de hidrógeno, respecto del vector del campo magnético estático.
- Tiempo de inversión (TI).

### **6.3. Secuencias de resonancia magnética**

Varios parámetros técnicos con los que se planean las secuencias pueden modificarse para lograr un contraste diferente entre los tejidos, es



decir, información acerca de su T1 o de su T2. Los más comúnmente son: el tiempo de repetición, el tiempo de eco y el ángulo de deflexión de la magnetización.

Existen dos secuencias básicas a partir de las cuales se han modificado ciertos parámetros para generar la multiplicidad de secuencias con las que se cuenta en la actualidad. Se llaman secuencia spin echo y secuencia gradiente de echo. Lo importante es sea cualquiera de estas dos la que se use, para Rivera, Puentes, & Caballero (2011) las imágenes que se pueden obtener están igualmente potenciadas en T1, en T2 o en densidad de protones. Estos autores la clasifican de la siguiente manera:

- Secuencia spin echo (SE): es la secuencia más usada, conocida también como eco de spin. Se caracteriza por la aplicación inicial de un pulso de radiofrecuencia de 90 grados, seguido más adelante por uno de 180 grados; luego del doble del tiempo entre estos dos pulsos se recibe una señal o eco proveniente del tejido estimulado. Se aplican sucesivamente varias secuencias de pulsos de 90 y 180 grados, cada una de las cuales produce un eco que conformará la onda de radiofrecuencia que provee la información molecular.
- Secuencia spin echo (SE) potenciada en T1: las imágenes potenciadas en T1 se obtienen usando tiempo de repetición y tiempo de eco cortos. Al usar tiempos de eco cortos, la información se adquiere antes de la relajación transversal; es por esto que las diferencias en el componente de la magnetización longitudinal entre los tejidos aparecen como las diferencias en la intensidad de señal. Debido a esto, estructuras con tiempos de relajación muy cortos, como la grasa, aparecen con alta intensidad de señal con respecto a aquellas con tiempos de relajación más prolongados, como el agua, por lo que estructuras ricas en agua, como el líquido cefalorraquídeo, se ven de muy baja intensidad de señal.

- Secuencia spin echo (SE) potenciada en T2: empleando un tiempo de repetición largo, los tiempos de relajación longitudinal entre los tejidos serán aproximadamente iguales. Usando tiempos de eco largos, las diferencias en el tiempo de relajación transversal entre los tejidos aparecen como las diferencias en el contraste en las imágenes. Por lo tanto, usando tiempos de repetición y tiempos de eco largos, se elimina el efecto T1 y se obtienen imágenes potenciadas en T2. Esta secuencia deja ver la grasa como una señal de baja intensidad y, el líquido, como una señal de alta intensidad, por lo que es útil en la identificación de lesiones patológicas que suelen caracterizarse por un aumento en el contenido de agua. Se produce también inversión en la intensidad de señal de la sustancia blanca, que se observa de menor intensidad de señal con respecto a la sustancia gris.
- Secuencia spin echo (SE) potenciada en densidad de protones: cuando se combinan un tiempo de repetición largo y un tiempo de eco corto, las diferencias en el componente de la magnetización longitudinal entre los tejidos corresponde a la diferencia en la densidad de protones en el núcleo de las moléculas de hidrógeno para cada tejido y se obtienen imágenes potenciadas en densidad de protones. Las estructuras líquidas producen una señal intermedia y hay una pobre diferenciación entre sustancia blanca y sustancia gris.
- Secuencia de inversión recuperación: es una variante de la secuencia spin echo, similar a esta, en la que se añade un pulso inicial de 180 grados antes de la secuencia spin echo. A este pulso inicial de 180 grados se le conoce como pulso de inversión e implica un parámetro adicional conocido como tiempo de inversión (TI), usado para invertir o anular selectivamente la señal de algún tejido.
- Secuencia STIR (Short TI Inversion Recovery). Si el tiempo de inversión es corto, se obtiene una imagen en la cual se cancela la señal del tejido graso. En esta secuencia se suprime la grasa mediante la aplicación de un pulso inversor de 180° que invierte





la magnetización longitudinal antes que actué el pulso de  $90^\circ$  y  $180^\circ$ .

- Secuencia gradiente de eco (EG): se trata de una forma de adquirir señales o ecos sin la aplicación de pulsos de  $180$  grados después del pulso inicial de  $90$  grados; en cambio, se invierte sucesivamente la polaridad del campo magnético externo al que está siendo expuesto el tejido. A este proceso se le conoce como adquisición de ecos por inversión de gradientes. Es una técnica en la cual se inicia con un pulso similar al usado en la secuencia spin echo (SE), pero de menor duración, esto hace que la orientación de los campos magnéticos de los átomos en precesión sea modificada en un ángulo menor de  $90$  grados. Se diferencia de la SE en que en lugar de utilizar un pulso de  $90^\circ$ , utilizan un ángulo de basculación de menos de  $90^\circ$  y en lugar del pulso de  $180^\circ$  se emplea un gradiente bipolar, que consta de dos gradientes de igual magnitud, pero de signos opuestos.
- Secuencia en turbo SPIN ECO (TSE): en este tipo de secuencia se utiliza para cada TR un pulso de  $90^\circ$  seguido de varios pulsos de  $180^\circ$ . Por cada pulso de  $180^\circ$  se obtiene un eco o señal.

### **6.4. ¿Cómo se genera la imagen en resonancia magnética?**

La generación de imágenes mediante resonancia magnética Pebet (2004) explica que se basa en recoger las ondas de radiofrecuencia procedentes de la estimulación de la materia sometida a la acción de un campo electromagnético. La energía liberada por los protones (que tiene la misma frecuencia que la del pulso de RF recibido) al volver al estado de equilibrio, es captada por un receptor y analizada por un ordenador que la transforma en imágenes. Estas imágenes son luego impresas en placas.

Pero, ¿cómo se obtiene la imagen de la zona que se quiere estudiar? Para Bitar, Tadros , & Sarrazin (2006) la clave está en ser capaz de localizar la ubicación exacta de una determinada señal de resonancia



magnética nuclear en una muestra. Si se determina la ubicación de todas las señales, es posible elaborar un mapa de toda la muestra. Entonces, al campo principal (especialmente uniforme), se le superpone un segundo campo magnético más débil que varía de posición de forma controlada, creando lo que se conoce como gradiente de campo magnético. En un extremo de la muestra, la potencia del campo magnético graduado es mayor, y se va debilitando con una calibración precisa a medida que se acerca al otro extremo.

Gili & Alonso (2013) sostienen que dado que la frecuencia de resonancia de los núcleos en un campo magnético externo es proporcional a la intensidad del campo, las distintas partes de la muestra tienen distintas frecuencias de resonancia. Por lo tanto, una frecuencia de resonancia determinada podría asociarse a una posición concreta. Además, la fuerza de la señal de resonancia en cada frecuencia indica el tamaño relativo de los volúmenes que contienen los núcleos en distintas frecuencias y, por tanto, en la posición correspondiente. Las variaciones de las señales se utilizan entonces para representar las posiciones de las moléculas y crear una imagen. La intensidad del elemento de la imagen, o pixel, es proporcional al número de protones contenidos dentro de un volumen elemental, o voxel.

## **6.5. Equipos de Resonancia Magnética**

Para producir imágenes, según lo aclaran Jacobs , Ibrahim , & Ouwerkerk (2007) sin la intervención de radiaciones ionizantes (rayos gamma o rayos X), la resonancia magnética consta de:

- **Jaula de Faraday:** es una caja metálica que protege de los campos eléctricos estáticos. Su funcionamiento basa en las propiedades de un conductor en equilibrio electrostático. Cuando la caja metálica se coloca en presencia de un campo eléctrico externo, las cargas positivas se quedan en las posiciones de la red; los electrones, sin embargo, que en un metal son libres,



empiezan a moverse puesto que sobre ellos actúa una fuerza. La carga del electrón es negativa, los electrones se mueven en sentido contrario al campo eléctrico y, aunque la carga total del conductor es cero, uno de los lados de la caja (en el que se acumulan los electrones) se queda con un exceso de carga negativa mientras que el otro lado queda con un defecto de electrones (carga positiva). Este desplazamiento de las cargas hace que en el interior de la caja se cree un campo eléctrico, en sentido contrario al campo externo.

- **Imán o campo Magnético:** es uno de los elementos básicos Produce el campo magnético estático  $B_0$  y su potencia se mide en Tesla (T) ( $1T=10000Gauss$ ).
- **Sistema de gradientes:** un gradiente es un pequeño imán colocado en el interior del campo magnético el cual permite escoger el plano de corte que se desea seleccionar. Todos estos gradientes juntos forman un sistema, se los define también como variaciones del campo magnético medidas a lo largo de una dirección.
- **Bobinas:** se clasifican en dos grandes categorías:
  - **Bobinas de Volumen:** pueden ser emisoras o receptoras. Permiten obtener una señal homogénea de todo el volumen explorado.
  - **Bobinas de Superficie:** Son únicamente receptoras.
- **Antenas**
- **Radiofrecuencia:** originan y detectan campos magnéticos dependientes del tiempo.
- **Emisoras:** tienen como función aplicar pulsos de radiofrecuencia para generar campos magnéticos sobre las regiones a ser analizadas
- **Receptoras:** tienen como función convertir la magnetización rotatoria del núcleo en una señal eléctrica para poder ser procesada.
- **Sala de control:** es la zona de trabajo del Técnico u operador.
- **Accesorios:** sirven para evitar el movimiento del paciente brin-



dándoles comodidad. También sirve para fijar las bobinas.

## **6.6. Exploración diagnóstica por resonancia magnética**

Los estudios de resonancia magnética se realizan por zonas anatómicas y se orientan a detectar las principales patologías y por lo general se siguen los siguientes pasos:

- Zona anatómica: estructura anatómica que se va a estudiar.
- Indicaciones de la exploración: posibles patologías de la zona con la numeración de las lesiones más comunes.
- Preparación del paciente: cuidados especiales y específicos que son aconsejables en la realización del estudio en concreto.
- Posicionamiento y centraje del paciente: parte elemental del estudio que ofrece dificultad en algunos casos.
- Secuencia: varían de acuerdo la zona del estudio.

## **6.7. RM de raquis cervical**

### a) Colocación del paciente

- Posición en decúbito supino.
- Inmovilización: bien con almohadas o con soporte de la antena de cráneo.
- Centrado: haciendo coincidir la luz de centrado longitudinal con la línea media del cuerpo y la luz de centrado horizontal con el hueso hioides.

### b) Secuencia

El protocolo para este tipo de estudio sugerido por López (2015) es el siguiente:

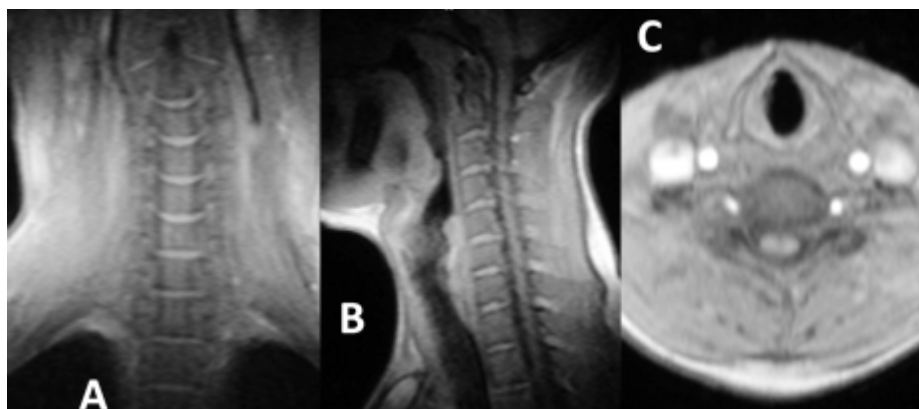
- Secuencia SE potenciada en T1 en los planos sagital y axial.
- Secuencia EG potenciada en T2 en los planos sagital y axial.

### c) Procedimiento

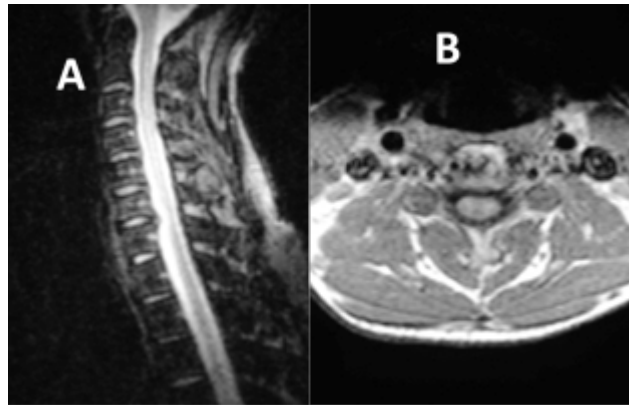
- Iniciar exploración lanzando una secuencia de localización que

dará imágenes del raquis cervical en el plano sagital axial y coronal.

- Programación de la secuencia en el plano sagital
- Sobre la imagen coronal del localizador, se programan los cortes que cubran todo el raquis. Si es necesario, se inclina siguiendo el eje longitudinal de forma de estudiar los cuerpos vertebrales. Para ello se utiliza como segundo localizador una imagen sagital.
- Programación de la secuencia en el plano axial
- Se utiliza como imagen de referencia el corte central obteniendo en el estudio sagital.
- Los niveles programados para los cortes se utiliza el estudio sagital en EG potenciado en T2.
- Se reparten los cortes de forma que abarque desde C2 hasta C7.
- Los cortes se inclinarán en dirección del eje axial de los espacios discales, procurando que al menos uno de ellos pase por el medio del disco intervertebral de cada uno de los niveles.
- Utilizar como segundo localizador una imagen axial.



**Figura 33.** Imagen RM del raquis cervical. A: plano coronal; B: plano sagita; C: plano axial



**Figura 34.** Imagen RM del raquis cervical. A: Imagen sagital potenciada en EG T2; B: Imagen axial en SE potenciada en T1

## 6.8. RM de cadera

### a) Colocación del paciente

- Posición en decúbito supino, con las piernas juntas y en ligera rotación interna.
- Para realizar el centrado del paciente se hará coincidir la luz de centrado longitudinal con la línea media del cuerpo y la luz de centrado horizontal con la línea de las cabezas femorales.

### b) Secuencia

El protocolo para este tipo de estudio sugerido por López (2015) es el siguiente:

- Secuencia SE potenciada en T1 en los planos axial y coronal.
- Secuencia TSE potenciada en T2 en los planos sagital y axial.
- Secuencia STIR en el plano coronal.

### c) Procedimiento

- Una vez colocado y centrado el paciente se inicia la exploración con una secuencia de localización que darán imágenes de las caderas en los planos axial, sagital y coronal.



**Figura 35.** Imagen RM de cadera. A: plano axial; B: plano sagital; C: plano coronal

### Programación de secuencia en el plano axial

- Sobre el plano coronal del localizador se programan los cortes axiales.
- Se utiliza como segundo localizador una imagen axial.
- Los cortes se realizarán un poco por encima de la ceja cotiloidea hasta por debajo del trocánter menor femoral de forma paralela al eje axial de la pelvis.

### Programación de la secuencia en el plano coronal.

- Sobre la imagen axial del localizador se programan los cortes de forma que cubra desde el margen anterior al margen posterior de la cabeza femoral.

### Programación de secuencia en el plano sagital

- En una de las imágenes obtenidas en el estudio coronal se programan los cortes sagitales sobre la cadera en dirección del eje longitudinal del fémur.
- Los cortes deben incluir desde la cara interna del cótilo hasta cubrir totalmente el trocánter mayor del fémur.



**Figura 36.** Imagen RM de cadera. A: Axial SE potenciada en T1; B: Coronal SE potenciada en T1; C: Sagital potenciada en T2





# **CAPÍTULO VII**

## **ECOGRAFÍA**







La ecografía es una técnica de diagnóstico por imagen basada en la utilización de ultrasonidos. Esta modalidad de diagnóstico por imágenes presenta ventajas propias:

- Es un método no invasivo o mínimamente invasivo
- No posee efectos nocivos significativos
- No utiliza radiación ionizante
- Permite la adquisición de imagen dinámicas, prácticamente en tiempo real.

Ahora bien, el método ultrasónico se basa en el fenómeno de interacción del sonido y los tejidos, en otras palabras, a partir de la transmisión de la onda sonora por el medio observamos las propiedades mecánicas de los tejidos.

El funcionamiento en el que se basan las herramientas tecnológicas, tales como equipos ultrasónicos o sonógrafos, ecógrafos, entre otros, son los principios físicos del sonido, dado que estos utilizan un tipo especial de sonido como lo es el ultrasonido.

El sonido se define en física como una forma de energía mecánica que se propaga a través de la materia en forma de ondas. Estas ondas para González, Pérez, Nass, Ramírez, & Santiago (2015) presentan algunas características básicas:

- Ciclo: Es el fragmento de onda comprendido entre dos puntos iguales de su trazado.
- Longitud de onda ( $l$ ): Definida como la distancia en que la onda realiza un ciclo completo. La unidad de medida es el mm
- Frecuencia ( $f$ ): Es el número de ciclos por unidad de tiempo (segundo). Se expresa en hertzios (Hz) o sus múltiplos [1 Hz = 1 ciclo por segundo; 1 kilohertzio (kHz) = 1000 Hz; 1 megahertzio (MHz) = 1.000.000 Hz].
- Amplitud ( $A$ ): Es la altura máxima que alcanza una onda. Está



relacionada con la Intensidad del sonido y se mide en decibelios (dB).

Los autores afirman que la longitud de onda ( $\lambda$ ) y la frecuencia ( $f$ ) se relacionan con la velocidad ( $v$ ) del sonido por la siguiente fórmula:  $\lambda = v/f$ . Por tanto, para una misma velocidad del sonido, la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia.

### **Ultrasonido**

El oído humano tiene capacidad para detectar sonidos con una frecuencia máxima de 20 000 ciclos/segundos (20 KHz). Los sonidos con una frecuencia superior se denominan ultrasonidos y no son detectados por el hombre, aunque sí por otros animales (delfín y murciélago: hasta 200 KHz). La frecuencia utilizada para la obtención de imágenes ecográficas está en el rango de 1 a 10 millones de ciclos/segundo (1-15 MHz).

La velocidad de propagación del sonido varía según la mayor o menor sea la proximidad entre sus moléculas (densidad). La resistencia que ofrece un medio al paso de los ultrasonidos se define como impedancia. En este sentido, García & Torres (2016) sostienen que el límite de contacto entre dos medios que transmiten el sonido a distinta velocidad se denomina interfase. Por ello hay una gran diferencia de densidad y velocidad de propagación del sonido entre el aire o el hueso y el resto de los tejidos del organismo.

La ecografía se basa precisamente en el estudio de las ondas reflejadas (ecos). Los pulsos de ultrasonidos dirigidos al interior del cuerpo humano atraviesan distintos medios con distintas impedancias (piel, grasa, hígado, vasos sanguíneos, etc.) y en cada cambio de medio se crea una interfase en la que rebotan los ultrasonidos. Estos ecos no tienen las mismas características que la onda original ya que al reflejarse cambian de amplitud, frecuencia y velocidad.



Se denomina interfase al límite o zona de contacto entre dos medios que transmiten el sonido a distinta velocidad. Cuando el haz de ultrasonidos llega a una interfase experimenta un fenómeno de reflexión: una parte del haz vuelve a la fuente emisora (“eco”) y el resto continúa propagándose hasta la siguiente interfase. La producción y detección de ecos constituye la base del diagnóstico ecográfico.

Las estructuras del cuerpo están formadas por diferentes tejidos, lo que da lugar a múltiples interfaces. El elemento que mejor transmite los ultrasonidos es el agua, por lo que esta produce una imagen ultrasonografía anecoica (negra). En general, los tejidos muy celulares son hipoecoicos, dado su alto contenido en agua, mientras que los tejidos fibrosos son hiperecoicos debido al mayor número de interfaces presentes en ellos. El aire y el hueso, al tener una impedancia muy distinta a la del resto de los tejidos generan interfaces reflectantes que impiden el paso de los ultrasonidos y dificultan la obtención de las imágenes ecográficas. Por esta razón es necesario aplicar un gel acuoso entre la sonda y la piel con el objeto de evitar la interfase provocada por el aire. La amplitud de los ecos de la interfase reflectante va a determinar en el monitor del ecógrafo, las diferentes intensidades en la escala de grises de la imagen.

### **7.1. Formación de la imagen en ecografía**

Los transductores reciben los ecos producidos por la reflexión del haz de ultrasonido cuando choca con interfaces de medios con diferente impedancia acústica. Mediante este fenómeno, al someter a un cristal a una corriente eléctrica, la diferencia de potencial obtenida hace vibrar el interior del cristal y se genera un haz de ultrasonidos. Un ecógrafo está formado por un transductor o sonda ecográfica, una unidad de procesamiento y un monitor. Los transductores contienen los cristales que al ser sometidos a la electricidad generan haces de ultrasonidos. Los transductores también son capaces de captar los ultrasonidos reflejados por los tejidos y remitirlos a una unidad de procesamiento que



genera una imagen y que se visualiza en un monitor.

Un ecógrafo está formado por un transductor o sonda ecográfica, una unidad de procesamiento y un monitor. Los transductores contienen los cristales que al ser sometidos a la electricidad generan haces de ultrasonidos. Los transductores también son capaces de captar los ultrasonidos reflejados por los tejidos y remitirlos a una unidad de procesamiento que genera una imagen y que se visualiza en un monitor.

### **7.2. Modos en ecografía**

Una vez que los pulsos del ultrasonido emitidos por el transductor chocan con las distintas interfaces de los tejidos del organismo, sus ecos son recogidos, procesados y almacenados por el ecógrafo. Posteriormente tienen que ser mostrados en el monitor. Para González, Pérez, Nass, Ramírez, & Santiago (2015) existen varios modos de registro para su representación gráfica:

- **Modo A (modulación de amplitud):** los ecos se muestran en curvas de amplitud y tiempo, valorando los puntos en una gráfica lineal. Este modo informa de la posición y amplitud de los ecos producidos en la línea del haz del ultrasónico. No valora, por tanto la morfología.
- **Modo B (modulación de brillo):** se obtiene una imagen bidimensional en tiempo real. Es el modo más habitual.
- **Modo M:** representa el movimiento de la interfase reflectante. Se selecciona a uno de los haces de ultrasonidos en modo B y se observa qué sucede con él a lo largo de una línea de tiempo. Su utilidad fundamental es valorar situaciones clínicas en las que haga falta una demostración de movimiento.
- **Modo Doppler:** se basa en el cambio de frecuencia del sonido que se produce cuando una onda acústica choca con una interfase en movimiento. Esta propiedad va a permitir al ecógrafo calcular la velocidad de esa interfase en movimiento. En esta modalidad es posible captar el movimiento del haz de ultraso-



nidos reflejado cuando se acercan o alejan del transductor. Se utiliza básicamente para captar los flujos de sangre dentro de los vasos sanguíneos. La forma de registrar esos movimientos se puede realizar de dos formas:

- Doppler Color: Todo flujo que se aleja del transductor es azul y al que se acerca es de color rojo. Este modo no sirve para diferenciar las venas de las arterias, únicamente precisa si el fluo se aleja o se acerca al transductor.
- Doppler Pulsado: Se genera una gráfica en forma de onda que será positiva o negativa según el flujo se acerque o se aleje.

### **7.3. Equipos en ecografía: el ecógrafo y sus componentes**

Los componentes básicos de un ecógrafo son el transductor o sonda que transmite y capta los ultrasonidos, una computadora que almacena y procesa los documentos adquiridos y un monitor en el que se representa la imagen. Sus componentes son:

Comandos

- Ganancia (Gain): modifica la ganancia global. Equivale al brillo de las pantallas de TV, aunque realmente modifica la intensidad de las ondas de ultrasonidos emitidas/recibidas. La modificación de la ganancia puede hacerse de forma general o sectorial (TGC).
- Profundidad (Depth): modifica la penetración (en cm) que vemos en la pantalla. El grado de profundidad se suele reflejar en una escala que existe en uno de los márgenes de la pantalla del ecógrafo.
- Pausa (freeze): congela la imagen de la pantalla y es muy útil para hacer mediciones. En casi todos los dispositivos podremos movernos hacia atrás en el tiempo dentro de la imagen congelada para seleccionar la que más nos convenga.
- Guardar (save): almacena las imágenes o videos seleccionados





en el disco duro o dispositivo de almacenamiento del equipo.

- Medición (measurement): se utiliza para hacer mediciones y generalmente es necesario que la imagen esté congelada.
- Foco (focus): permite mejorar la resolución de la imagen a un determinado nivel. Sirve para mejorar la resolución lateral como se ha comentado con anterioridad.
- Imprimir (print): si el equipo dispone de impresora térmica.
- Transductores: es la parte esencial del ecógrafo. En su interior se encuentran los cristales piezoeléctricos, donde se produce la transformación de energía eléctrica en mecánica. El transductor es además el receptor de los haces de ultrasonidos y lo transforma en energía eléctrica para generar las imágenes.

### **7.4. Imágenes y tipos de corte ecográficos**

Según la intensidad y el número de ecos se originan una serie de imágenes productos del análisis de una estructura con ultrasonido.

#### **Tipo de imagen**

- Imágenes ecogénicas: con más o menos ecos en su interior.
- Imágenes anecogénicas: sin ecos en su interior
- Imágenes hiperecogénicas: se producen cuando en su interior existen interfaces muy ecogénicas o en mayor número que el parénquima circundante.
- Imágenes hipoecogénicas: producen cuando en su interior existen interfaces menos ecogénicas o en menor número que el parénquima circundante.
- Imágenes isoecogénicas: se producen cuando en su interior existen interfaces de la misma ecogenicidad que el parénquima circundante.

#### **Tipos de corte o planos ecográficos**

- Corte o plano longitudinal o sagital: el transductor se coloca con el marcador siempre apuntando hacia la cabeza del paciente



(orientación cefálica) Paralelo al eje mayor del paciente. De forma que la imagen que se obtiene tendrá un borde superior (Anterior) un borde inferior (posterior), la parte izquierda de la pantalla será la zona craneal y la parte derecha será caudal.

- Corte transversal o plano transversal: el transductor se coloca perpendicular al eje mayor del paciente. El marcador debe estar a la derecha del paciente de esta manera la imagen formada será similar a la que vemos en una TC. La imagen que veremos en la pantalla será la siguiente: la más cercana al transductor será anterior, la más lejana será posterior, la derecha de la pantalla será el lado izquierdo del paciente, mientras que la izquierda de la pantalla se corresponderá al lado derecho del paciente.
- Corte o plano coronal: es una variante del corte sagital, pero colocando el transductor en la zona axilar de forma que la parte más alejada de este se oriente hacia la otra axila.

## 7.5. Exploración de riñón y vejiga

Los riñones y la vejiga urinaria son órganos accesibles para su visualización ecográfica.

### Técnica riñón derecho

- Utilizar un transductor convex de baja frecuencia (2-5MHz).
- Evaluar en dos planos (coronal y transversal) con el paciente en supino (o lateral)
- Colocar el transductor sobre la línea axilar media derecha en el reborde costal, con el marcador de orientación hacia la cabeza del paciente.
- Mover el transductor sobre los espacios intercostales aproximándose a la línea axilar media, este método de visualización presenta las sombras de las costillas superpuestas en la imagen ecográfica.
- Girar ligeramente el transductor para ajustar la orientación oblicua del riñón. El transductor se arrastra de delante hacia atrás



para mostrar el parénquima renal que se muestra hipoecoico en comparación con el hígado.

- Las pirámides renales se muestran hipoecoicas al parénquima renal, la pelvis renal aparece a medida que el brillo hiperecoico repercute en el riñón.
- Para obtener una vista del eje transversal gire 90 grados el transductor desde la posición del eje largo, el riñón se muestra como una estructura circular en forma de herradura a nivel de la pelvis renal. Arrastre el transductor desde el polo superior al inferior para examinar por completo el riñón.

### **Técnica riñón izquierdo**

El riñón izquierdo suele visualizarse pero que el izquierdo ya que está ubicado más alto que el derecho (superposición de las costillas).

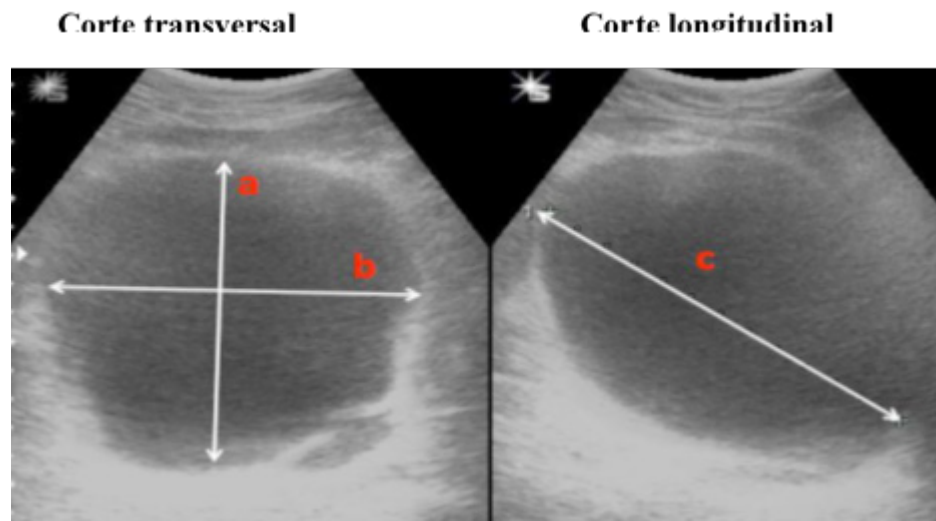
- El transductor se coloca sobre la línea axilar posterior izquierda con el marcador de orientación hacia la cabeza del paciente.
- Como el riñón izquierdo está colocado en una posición más alta y posterior que el derecho, para visualizarlo correctamente se necesite moverlo hacia arriba en dirección intercostal y hacia atrás desde la línea axilar media.
- La inspiración profunda facilita el acceso lo mismo que el decúbito lateral derecho para desplazar los artefactos del estómago y el intestino.
- Girar discretamente el transductor para ajustar la posición oblicua del riñón.
- Para obtener una vista del eje transversal gire 90 grados el transductor desde la posición del eje largo.
- El resto similar a lo expuesto en el riñón derecho.

### **Vejiga. Técnica de estimación del volumen urinario**

- Realizar su exploración con una sonda convex de baja frecuencia
- Utilizar cortes longitudinales y transversales.
- Estimación del volumen urinario: hacer un corte transversal para

estimar el ancho y la longitud de la misma y un corte longitudinal para estimar la altura.

- Fórmula para estimar volumen urinario:  $0,5 \times \text{el ancho en cm, longitud en cm y altura en cm.}$
- Con estos resultados se obtiene el volumen de orina en la vejiga en ml.
- Para ello es necesario hacer corte transversal (anchura y longitud) y longitudinal (altura) de la vejiga. (figura 37)



**Figura 37.** Volumen urinario

La estimación del volumen urinario es útil para diagnosticar a los pacientes con retención aguda de orina y para saber si existe volumen residual significativo.

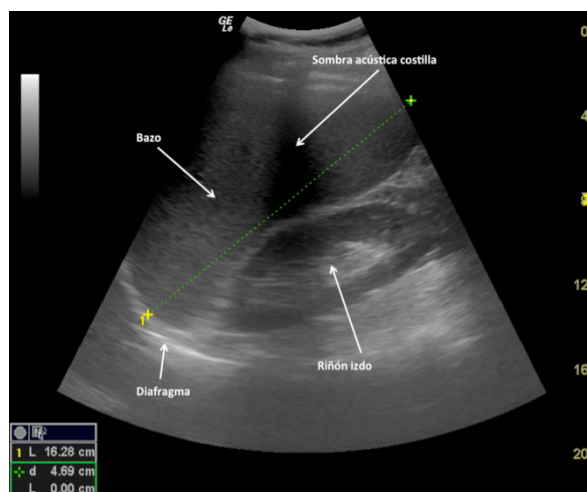
## 7.6. Exploración del bazo

El bazo es un órgano intraperitoneal en íntima relación con el riñón izquierdo y localizado por debajo del hemidiaframa izquierdo. Para su visualización hay que recurrir a la vía intercostal, por lo que dificultará la imagen la sombra de las costillas. Desde el punto de vista clínico interesa saber si existe esplenomegalia y cuantificar su tamaño.



### Técnica de exploración

- Utilizar sonda convex de baja frecuencia (2,5-5 MHz)
- Colocar transductor con el paciente en decúbito supino.
- Colocar la sonda en la línea axilar posterior, entre el V y VII espacio intercostal.
- El marcador de la sonda debe estar dirigido hacia la cabeza del paciente.
- Visualizar todo el receso para ello es necesario mover la sonda hacia arriba o hacia abajo o inclinarla levemente para evitar la sombra de las costillas.
- Si el bazo mide más de 12 cm en su diámetro longitudinal es patológico (esplenomegalia).



**Figura 38.** Esplenomegalia

### 7.7. Exploración del hígado

El hígado es el órgano más grande del cuerpo humano, alcanzando en el adulto un peso de 1500 gramos. Recibe el retorno venoso del tracto GI a través de la vena porta y entre otras funciones contribuye al mantenimiento de la homeostasis metabólica y a la depuración de toxinas, por lo que puede afectarse en múltiples patologías sistémicas y locales. Es una víscera sólida, voluminosa y fácilmente visualizada en

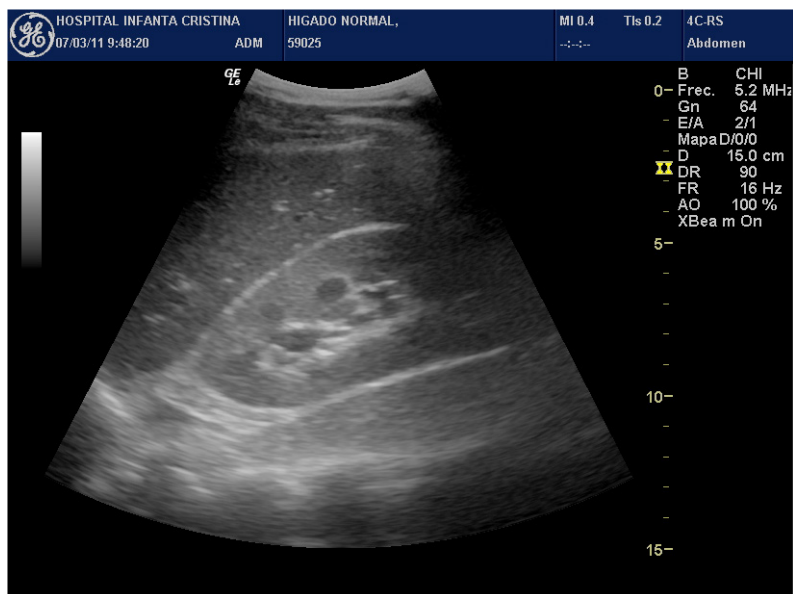


la ecografía. Se localiza por detrás del reborde costal y por debajo del diafragma. Se extiende desde el hipocondrio derecho hasta el epigastrio.

### **7.8. Técnica de exploración**

- Paciente en posición decúbito supino.
- Utilizar sonda convex de baja frecuencia (2,5-5 MHz)
- Cortes transversales desde la línea media de la zona lateral derecha del cuadrante superior derecho del abdomen.
- Los cortes se realizan siguiendo el borde costal.
- Cortes transversales, perpendiculares a la línea sagital y cortes oblicuos comenzando en epigastrio.
- Mínimas variaciones en el desplazamiento del transductor.

El hígado normal presenta una ecoestructura homogénea, contiene ecos finos y es isoecoico o ligeramente hiperecoico en relación al riñón. En el interior de este parénquima homogéneo se visualizan estructuras fisiológicas anecoicas que corresponden a vasos (venas portales y venas suprahepáticas, arteria hepática a nivel del hilio) y otras imágenes ecogénicas producidas por los ligamentos y cisuras, que no se debe confundir con estructuras patológicas.



**Figura 39.** Ecoestructura de un hígado normal. La ecogenicidad del parénquima hepático es similar a la del bazo y algo mayor a la corteza renal

# REFERENCIAS

## INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN



**M AWIL**

Publicaciones Impresas  
y Digitales







- American College of Radiology. (2003). ACR BI-RADS: mammography. 4th ed. Reston, VA. American College of Radiology.
- Aquerreta, J. (2012). El estudio radiológico de la patología osteoarticular. Generalidades. Form Act Pediatr. Aten Prim, 5(3), 157-168.
- Bitar, R., Tadros, S., & Sarrazin, J. (2006). MR pulse sequences: what every radiologist wants to know but is afraid to ask. Radiographics(26), 513-537.
- Chan, R., Thapa, N., Paudel, S., Pokharel, G., & Joshi, B. (2010). Evaluation of image quality in chest radiographs. Eur J Radiol, 73(3), 555-559.
- Chen, M. (2013). Radiología simple de abdomen. En M. T. Chen, Radiología básica (págs. 223-240). España: McGraw-Hill. Interamericana.
- Chiles, C., & Choplin, R. (2013). Radiología del tórax. En Chen, M, T. Pope, & D. Ott, Radiología básica (págs. 71-130). España: McGraw-Hill. Interamericana.
- Coca, M. (2005). Instrumentación en cardiología nuclear. En J. Castro, Cardiología nuclear y otras técnicas no invasivas de imagen en cardiología (págs. 41-50). Madrid: Editorial Mediteca, S.L.
- Del Pino, J., Corral, L., & Montilla, C. (2017). Métodos complementarios en el diagnóstico y seguimiento de la osteoporosis. En S. E. Medicina, Protocolo de osteoporosis (págs. 75-90). Madrid: Sociedad Española de Medicina.
- Farreras, R. (2007). Medicina Interna. Decimocuarta Edición. Buenos Aires: Elsevier.
- García, G., & Torres, J. (2016). Manual de ecografía clínica. Madrid: SEMI.
- García, P. (2008). Principios técnicos de la tomografía axial computarizada. La Habana : Editorial Ciencias Médicas.



- Gili, J., & Alonso, J. (2013). Introducción biofísica a la resonancia magnética en neuroimagen . Barcelona : ACUNSA.
- Ginsberg, L. (2013). Imagen de la columna vertebral. En M. T. Chen, Radiología básica España (págs. 393- 416). España: McGraw-Hill. Interamericana.
- González, J. (2011). Manual práctico de tomografía. México: FTM.
- González, W., Pérez, G., Nass, H., Ramírez, M., & Santiago, G. (2015). Manual de ecografía urulógica. 1era ed. SERVICIO DE UROLOGÍA HCUAMP.
- Huerfano, Y., Chacón, J., Vera, M., & Vera, M. (2016). Imagenología Médica: Fundamentos y alcance. Medical Imaging: Foundations and Scope, 35(3), 71-76.
- Instituto Nacional del Cáncer. (2015). Manual operativo para el uso de mamografía en tamizaje. Buenos Aires: Ministerio de la Salud.
- Ivorra, J. (2014). Radiología convencional en reumatología. En S. E. Raumatología, Manual SER de Enfermedades Reumáticas. 4.ª ed (págs. 315-205). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Jacobs , M., Ibrahim , T., & Ouwerkerk , R. (2007). MR Imaging: Brief overview and emerging applications. Radiographics(27), 1213-1229.
- López, J. (2015). Resonancia magnética osteoarticular. 4ta ed. España: ASEPEYO.
- Ministério Da Saúde. Instituto Nacional de Cáncer José Alencar Gomes da Silva . (2018). Actualización para Técnicos en Mamografía. Rio de Janeiro, RJ: INCA.
- Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial . (2009). Ciencias de la Salud. Diagnóstico por Imagen. Estudio de Prospectiva. Madrid. España: Federación Española de Empresas de Tecnologías Sanitaria.



- Panero, P. (2009). Artrosis. En S. DoC, Patología osteoarticular. 2.<sup>a</sup> ed (págs. 7-13). Madrid: Edicomplet.
- Pebet, N. (2004). Resonancia Nuclear Magnética. Uruguay: XIII Seminario de Ing. Biomédica.
- Pedrosa, C. (2008). Diagnóstico por imagen 3ra edición . Madrid: Editorial Márban.
- Pisano , D., Gatsonis, C., & Hendrick, E. (2005). Diagnostic performance of digital versus film mamography for breast cancer screening. N Engl J Med, 353(17), 1773-1783.
- Poveda, C. (2010). Sistema BIRADS: Decifrando el informe mamográfico. Repert.med.cir, 19(1), 18-27.
- Rivera, D., Puentes, S., & Caballero, L. (2011). Resonancia magnética cerebral: secuencias básicas e interpretación. Univ. Méd. Bogotá, 52(3), 292-306.
- Sierra, I., Lozano, L., Dávila, C., Mora, J., & Tramont, C. (2018). Anatomía de la columna vertebral en radiografía convencional. Revista Médica Sanitas, 21(1), 39-46.
- Stark, D., & Bradley, W. (2007). Resonancia Magnética. 3era Edición. Madrid: Ed. Harcourt.
- Ugarte, J., Banasco, J., & Ugarte, D. (2008). Manual de Imagenología . La Habana: Editorial Ciencias Médicas.
- Unidad de Prevención del Cáncer. (2000). Guía de técnica mamográfica en cribado poblacional. España: Generalitat Valenciana.
- Vellejo, A, Cárdenas, K., Goosdenovich, D., Chila, R., Valdez, F., & Ramírez, L. (2018). Introducción a la imagenología. Ecuador: Mawil.

# INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO **POR IMAGEN**

TER E D I C I Ó N



**MAWIL**  
Publicaciones Impresas  
y Digitales



Publicado en Ecuador  
Abril 2020

Edición realizada desde el mes de Diciembre del año 2019 hasta marzo del año 2020, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 150, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO  
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman; en  
tipo fuente y familia.

# INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

**Med. Xavier Alejandro Layana López**  
**Med. Stefany Nathaly Zambrano Soledispa**  
**Med. Juan Bautista Yánez Contreras**  
**Med. Erick Hugo Zambrano Franco**  
**Med. Rossibell Berenisse Ollague Armijos**  
**Med. Katherine Andrea Flores Poveda**  
**Med. Milton Fernando Cobos Zambrano**  
**Med. Denisse Lissette Flores Subia**  
**Med. Wendy Estefania Vélez Gavilánez**  
**Med. Juan Carlos Pincay Mendoza**

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.

CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.



ISBN: 978-9942-826-17-6



9 789942 826176

