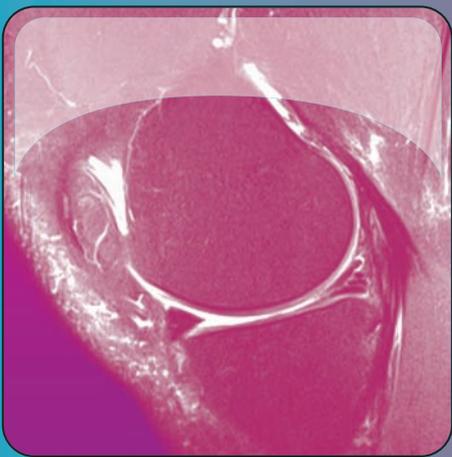


EXPLORACIONES COMPLEMENTARIAS DEL APARATO LOCOMOTOR



Diagnóstico por la imagen



Autores:

Dr. J Granero Xiberta

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología
Hospital Univ. Germans Trias i Pujol. Badalona

Dr. R Pérez Andrés

Servicio de Radiología
Hospital Univ. Germans Trias i Pujol. Badalona

Con la colaboración de:

Dra. M^ªC Sánchez Torres

Unidad de RMN. IDI. Badalona

Dra. V Vallejos Arroyo

Servicio de Medicina Nuclear
Hospital Univ. Germans Trias i Pujol. Badalona

Dr. A Rivas García

Servicio de Radiodiagnóstico
Hospital Univ. Vall d'Hebron. Barcelona





El desarrollo de las técnicas de imagen ha permitido disponer de un amplio abanico de recursos técnicos para diagnosticar con mejor precisión la patología del aparato locomotor. Sin embargo, la diversidad de dichas pruebas genera a su vez la dificultad de conocer la técnica de elección en cada caso o el algoritmo diagnóstico más adecuado para realizar una correcta utilización de los recursos que tenemos a nuestro alcance.

La necesidad de racionalizar la indicación de pruebas diagnósticas llevó a la Unión Europea a la realización de Guías de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por la imagen, como la elaborada por el Real Colegio de Radiólogos del Reino Unido en el año 2000 o la posterior adaptación de la misma realizada por el Institut Català de la Salut en el año 2004. Estas guías sirven de referencia para realizar un uso racional de las técnicas de imagen, pero sobre la elección final de la técnica influirá finalmente la disponibilidad y experiencia que exista en el ámbito de trabajo de cada especialista.

El objetivo de la serie «Exploraciones complementarias del Aparato Locomotor» es proporcionar a los diferentes especialistas que tratan con el sistema musculoesquelético (traumatólogos, reumatólogos, rehabilitadores, etc.), así como a los médicos de Atención Primaria, una guía sencilla y práctica para la elección de las técnicas de imagen, facilitar la interpretación de las mismas, racionalizar su uso, mejorar la eficiencia diagnóstica de los profesionales implicados y plantear el diagnóstico diferencial más probable en las situaciones clínicas más frecuentes.



Diagnóstico por la imagen

Dr. Javier Granero Xiberta
Dr. Ricard Pérez Andrés

Como es sabido, una **historia clínica** detallada, una **exploración física** minuciosa y unas **exploraciones complementarias** de imagen y de laboratorio son la base del diagnóstico tanto en patología del Aparato Locomotor como, en general, en toda la Medicina.

HISTORIA CLÍNICA

La anamnesis en la patología del aparato locomotor se basa, fundamentalmente, en el estudio del *dolor*. Aunque este no es el lugar más adecuado para hablar de él de forma exhaustiva, sí pensamos que hay que establecer un *orden sistemático y cronológico* de estudio del dolor, basado en una serie de preguntas:

- dónde duele (localización)
- cómo empezó (bruscamente, de forma insidiosa, aguda, subaguda)
- cómo es (punzante, sordo, urente, continuo, intermitente, etc.)
- cuánto dura (minutos, horas, días, semanas, meses)
- cómo aparece
- cómo se alivia

- qué ritmo tiene (mecánico, inflamatorio, mixto)
- qué intensidad tiene
- si interfiere con el sueño (dolor nocturno)
- si el dolor es referido (cervicobraquialgia, radiculargia)
- si es simétrico o no, sincrónico, migratorio o aditivo
- si cursa con impotencia funcional
- si evoluciona a brotes, y cuánto duran
- si se acompaña de rigidez matutina
- si cede con antiinflamatorios no esteroideos (AINE), corticoides, analgésicos, calor, frío, etc.

EXPLORACIÓN FÍSICA

La búsqueda de signos clínicos que nos orienten en el diagnóstico es algo fundamental en la patología del aparato locomotor, aunque muchos de ellos tengan un valor relativo y, en el momento actual, los clínicos estemos sometidos a la necesidad de objetivación máxima de las lesiones mediante pruebas de diagnóstico por la imagen y de laboratorio.

Se dice que, aún hoy, la mayoría de los procesos musculoesqueléticos pueden ser diagnosticados con una buena anamnesis y la ayuda de una minuciosa, rigurosa y completa exploración física. Esto deriva del hecho de que, clásicamente, la patología del aparato locomotor se ha considerado siempre muy objetiva y muy objetivable, al menos en comparación con la patología de los órganos internos, y que en pocas especialidades médicas se puede llegar a un diagnóstico rápido y de certeza con una simple exploración física como en ella.

La exploración física seguirá el canon semiológico clásico de **inspección, palpación, percusión y auscultación**, aunque las dos últimas son poco útiles en la patología del aparato locomotor y han de ser sustituidas por el estudio de la alineación, la movilidad articular, la valoración muscular y las pruebas específicas para cada segmento anatómico particular.

Las pruebas complementarias, de las que hoy en día se hace tanto abuso, han de servir para confirmar o descartar el diagnóstico clínico, nunca para generar ellas mismas el diagnóstico. Serán estas, sin embargo, y particularmente las pruebas de imagen, las que vamos a desarrollar aquí para servir de instrumento o guía que oriente correctamente el diagnóstico.

RADIOLOGÍA SIMPLE

La radiografía (Rx) simple debe formar parte del estudio radiológico inicial en la patología del aparato locomotor. Es una técnica de imagen sencilla, económica y accesible. Ofrece una gran riqueza semiológica en las lesiones óseas y articulares y permite valorar también algunas características de las lesiones de partes blandas.

Para poder obtener el máximo rendimiento de la radiología simple debemos considerar dos aspectos:

1. TÉCNICA RADIOLÓGICA

- **Proyecciones radiológicas:** debemos conocer las indicaciones de las proyecciones radiológicas en cada región anatómica y cómo aparecen las estructuras anatómicas en dichas proyecciones.
- **Centraje:** con frecuencia las radiografías no están realizadas con un correcto centraje. Antes de realizar la lectura de una radiografía debe siempre valorarse el centraje de la misma para no malinterpretar una imagen generada por error de centraje como patológica.
- **Características técnicas:** en función de los miliamperios y kilovoltios con los que se realiza una radiografía puede quedar más o menos penetrada, es decir, más «blanca» o más «negra». En ocasiones las características técnicas no son las adecuadas y hemos de saber que en las radiografías poco penetradas (blancas) pueden pasar desapercibidas lesiones que aumentan la densidad, y en radiografías muy penetradas (negras) pueden pasar desapercibidas las lesiones que disminuyen la densidad.

2. LECTURA SISTEMÁTICA

Consiste en una lectura ordenada de todas las estructuras que aparecen en la radiografía con el fin de evitar que nos pase desapercibida alguna lesión, como ocurre cuando se realiza una lectura al azar intentando ver alguna imagen que nos llame la atención sin ningún orden.

Hay una regla nemotécnica recogida de los libros de habla inglesa para recordar la lectura sistemática general del aparato locomotor, que es la siguiente (ABCS):

- **A** «Alignment» Alineación
- **B** «Bone» Hueso
- **C** «Cartilage» Cartílago
- **S** «Soft tissues» Partes blandas

Una vez realizada la valoración de estos cuatro apartados, debemos valorar si existe una lesión ósea, articular o de partes blandas, para aplicar la lectura sistemática específica de cada una de ellas.

LECTURA SISTEMÁTICA DE LAS LESIONES ÓSEAS

1. Alteración de la densidad ósea: las alteraciones de la densidad ósea se presentan en la **TABLA 1**.

2. Localización

A. En el eje longitudinal del hueso:

- Epifisis
- Metáfisis
- Diáfisis (dentro de la diáfisis se puede subdividir en tercio proximal, medio y distal)

B. En el eje transversal del hueso:

- **Central:** el centro de la lesión está más próximo al centro de la sección del hueso que a la cortical.
- **Excéntrica:** el centro de la lesión está más próximo a la cortical que al centro de la sección del hueso.

Tabla 1. Alteraciones de la densidad ósea

	Focal	Difuso
Aumento	Lesión blástica (FIGURA 1)	Esclerosis ósea
Disminución	Lesión lítica (FIGURA 2)	Osteopenia

Figura 1.
Lesión blástica



Figura 2.
Lesión lítica



Las lesiones óseas tienen localizaciones preferenciales y su conocimiento ayuda a realizar el diagnóstico diferencial.

3. Criterios de agresividad de una lesión ósea

Se entiende por agresividad de una lesión ósea la velocidad de destrucción del hueso. Cuanto más agresiva, más rápidamente destruye el hueso y este es incapaz de frenar la destrucción. Si la lesión es poco agresiva, va destruyendo el hueso lentamente y este es capaz de frenar la lesión y localizarla.

El concepto de agresividad puede aplicarse a cualquier lesión ósea: tumoral, inflamatoria... En el caso de la patología tumoral, la agresividad deberá hacer descartar la malignidad del tumor. En el caso de la patología inflamatoria, la agresividad indicará agudización del proceso inflamatorio.

Existen cuatro criterios radiológicos de agresividad para las lesiones óseas. Ordenados del interior al exterior del hueso son los siguientes:

- Márgenes de la lesión
- Estado de la cortical
- Reacción perióstica
- Masa de partes blandas asociada

A. Márgenes de la lesión

En las lesiones poco agresivas el hueso tiene tiempo de frenar y delimitar la lesión. De este modo el margen bien definido es un criterio de poca agresividad. Si el margen está mal definido, significa que la lesión es agresiva y el hueso es incapaz de frenarla y

delimitarla. Se han descrito 3 patrones de destrucción ósea, en función de la agresividad de sus márgenes, que se describen en la TABLA 2 (FIGURA 3).

Figura 3.
Patrones de destrucción ósea



A. Patrón geográfico; **B.** Patrón apollillado y **C.** Patrón permeativo

Tabla 2. Patrones de destrucción ósea

Tipo de patrón de destrucción ósea	Definición	Significado. Ejemplos
Geográfico	Lesión lítica única bien definida Se subdivide en 3 tipos: <ul style="list-style-type: none"> • IA: presenta margen escleroso • IB: no presenta margen escleroso • IC: no presenta margen escleroso y una parte del margen está mal delimitada 	Baja agresividad. La agresividad va aumentando del IA al IC. Ejemplos IA: <ul style="list-style-type: none"> • margen escleroso fino: lesiones quísticas o fibrosas (quiste óseo esencial, fibroma no osificante...) • margen escleroso amplio: osteoma osteoide, osteomielitis crónica... IB: tumor de células gigantes IC: lesiones inicialmente poco agresivas, que se hacen agresivas: agudización de una osteomielitis crónica, malignización de una lesión ósea benigna
Apollillado	Múltiples lesiones líticas de tamaños variables, individualizables: «agujeros contables»	Alta agresividad Es el patrón típico del mieloma múltiple
Permeativo	Múltiples lesiones líticas de pequeño tamaño difíciles de individualizar: «agujeros incontables»	Alta agresividad. Es el patrón típico de: <ul style="list-style-type: none"> • metástasis • tumores primarios malignos • osteomielitis aguda

B. Cortical ósea:

Tanto las lesiones poco agresivas como las agresivas pueden afectar la cortical ósea, y lo harán en varias formas:

• Baja agresividad:

Adelgazamiento (FIGURA 4): es típico de lesiones benignas: encondroma, quiste óseo esencial, lesiones fibrosas benignas (fibroma no osificante, displasia fibrosa...).

Insuflación (FIGURA 5): es un adelgazamiento y un desplazamiento de la cortical que se «hincha» como un globo. Traduce un grado de agresividad un poco mayor y lo pueden producir lesiones benignas (quiste óseo aneurismático, tumor de células gigantes, encondroma...) y malignas (metástasis...).

• Alta agresividad:

Rotura (FIGURA 6): la suelen producir solo las lesiones altamente agresivas, como los tumores malignos y la osteomielitis aguda. En ocasiones, las lesiones benignas pueden sufrir una fractura patológica y la rotura de la cortical no debe ser interpretada como un signo de agresividad.

Permeación (FIGURA 7): la cortical no está rota pero presenta un patrón permeativo. Tiene el mismo significado de agresividad que la rotura.

C. Reacción perióstica:

El periostio normal no está calcificado y, en condiciones normales, no se ve en la radiografía simple. La calcificación del periostio en la radiografía simple recibe el nombre de reacción perióstica y puede ser producida por lesiones poco agresivas o de alta agresividad. Se han descrito muchos tipos y nombres de reacción perióstica, pero a efectos del manejo práctico, el concepto importante es que a mayor complejidad de la reacción perióstica, mayor agresividad de la lesión.

Si la reacción perióstica es continua, traduce poca agresividad (FIGURA 8). Las reacciones periósticas discontinuas y complejas traducen alta agresividad (FIGURA 9).

D. Partes blandas:

La extensión de una lesión ósea a partes blandas traduce alta agresividad.

Figura 4.

Lesión lítica que produce adelgazamiento de la cortical



Figura 5.

Lesión lítica en el peroné que produce insuflación de la cortical



Figura 6.

Lesión lítica en el radio que produce rotura de la cortical



Figura 7.

Lesión lítica que produce permeación de la cortical

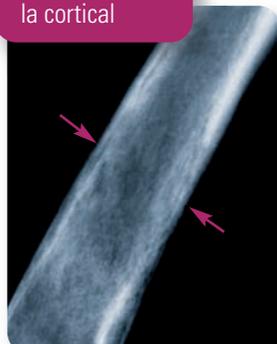


Figura 8.

Reacción perióstica continua (flechas) en un osteoma osteoide



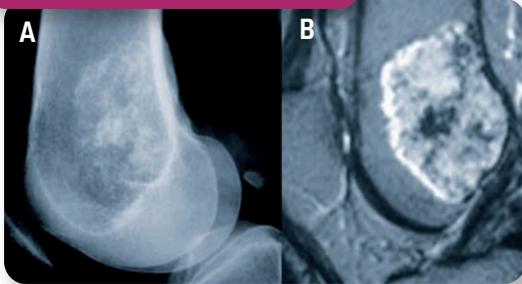
Figura 9.

Reacción perióstica discontinua (flechas) en un sarcoma de Ewing



Figura 10.

Calcificación intralesional de tipo cartilaginosa en un encondroma



A. Rx simple lateral. Calcificaciones centromedulares de morfología nodular y anular; **B.** RM sagital en densidad protónica con supresión grasa. La tumoración presenta una señal de resonancia aumentada. Las imágenes hipointensas intralesionales corresponden a las calcificaciones

Figura 11.

Paget vertebral. Engrosamiento cortical (flecha) y trabecular



4. Calcificación intralesional

En el interior de las lesiones osteolíticas en ocasiones se observan calcificaciones que pueden tener distintos aspectos radiológicos y traducen significados diferentes:

- **Lineales en forma de septos internos.** Suelen presentarlas las calcificaciones quísticas o fibrosas.
- **Puntiformes, en forma de anillos y arcos o en palomitas de maíz (FIGURA 10).** La pueden producir los tumores formadores de cartílago.
- **Homogéneas, en forma de «nube», o aspecto de marfil.** La pueden producir los tumores formadores de hueso.

5. Estructura o arquitectura ósea

Por estructura o arquitectura ósea se entiende el grosor y la disposición de las trabéculas y la cortical. La enfermedad ósea que característicamente produce un engrosamiento y alteración del trayecto de las trabéculas y la cortical es la enfermedad de Paget (FIGURA 11).

LECTURA SISTEMÁTICA DE LAS LESIONES ARTICULARES

La aproximación radiológica al diagnóstico por imagen de las enfermedades articulares se basa en dos aspectos:

1. **Distribución** de las lesiones: simétrica/asimétrica, proximal/distal...
2. Alteración de la **morfología** de la articulación:

A. Alineación articular: algunas enfermedades articulares pueden producir alteraciones de la alineación (ej.: desviación cubital de los dedos en la artritis reumatoide...).

B. Cartilago: en la radiografía simple el cartílago está representado por el espacio que separa los huesos que forman la articulación y, por tanto, radiológicamente el cartílago se valora como el **espacio articular**. Dicho espacio puede presentar las siguientes alteraciones:

- **Disminución de la altura o pinzamiento:** es la alteración más frecuente y puede ser:

- a. *Focal*, en la zona de carga: artrosis (FIGURA 12)

- b. *Uniforme*: artropatía inflamatoria

- **Aumentado:** es infrecuente. La acromegalia puede aumentar el espacio articular.

- **Preservación parcial del espacio articular:** es típico de las enfermedades articulares por depósito de cristales como la gota.

- **Calcificación (condrocalcinosis):** la producen las enfermedades articulares por depósito de cristales como el pirofosfato.

C. Sinovial: hay que observar los recesos articulares y las bursas periarticulares para valorar el derrame u ocupación articular. Puede observarse:

- Derrame articular inespecífico.

- Derrame articular de densidad radiológica aumentada: sangre, cristales, hierro...

- Calcificaciones: artropatía por depósito de cristales.

- Cuerpos libres calcificados: artrosis, condromatosis sinovial...

D. Hueso subcondral: las enfermedades articulares pueden producir en el hueso subcondral:

- **Proliferación ósea:**

- a. *Esclerosis subcondral* (aumento de densidad del hueso subcondral): artrosis

Figura 12.

Disminución focal del espacio articular femorotibial interno por artrosis



- b. *Osteófitos*: artrosis

- c. *Reacción perióstica*: artritis inflamatorias seronegativas, especialmente la psoriasis

- **Reabsorción ósea:**

- a. *Osteopenia periarticular*: artritis inflamatoria

- b. *Erosiones*:

- marginales: artritis inflamatorias

- centrales: osteoartritis erosivas, artritis inflamatorias en fases avanzadas

- con margen óseo sobresaliente: artropatías por depósito de cristales (gota)

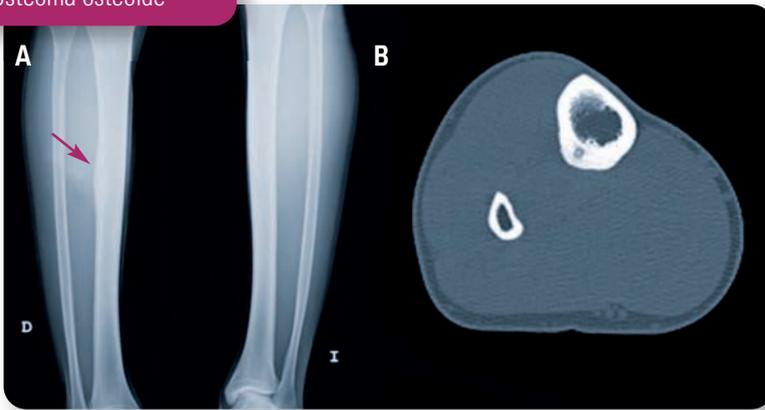
- c. *Quistes subcondrales*: colecciones de líquido articular en el hueso subcondral

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (TC)

La técnica de imagen de TC utiliza también la radiación ionizante. En un dispositivo de forma circular, el tubo emisor de rayos x se sitúa en una parte del círculo y, en la parte opuesta, se halla ubicada una fila

Figura 13.

Osteoma osteoide



A. Rx simple anteroposterior de ambas piernas. Reacción perióstica continua en tercio medio de la cortical externa de la diáfisis tibial derecha (flecha). **B.** TC axial. Reacción perióstica continua y lesión lítica cortical con calcificación intralesional característica del osteoma osteoide

de detectores de radiación. Cuando el tubo de rayos x emite la radiación ionizante, se produce un movimiento de rotación de este dispositivo circular, de tal manera que los detectores reciben la información de una sección axial del paciente. La radiación detectada es transformada en una imagen digital axial del paciente. Posteriormente y mediante reconstrucción de las imágenes axiales, pueden obtenerse imágenes en planos sagitales y coronales.

Desde la introducción de la TC en la práctica clínica a principios de los años 70, se han producido dos mejoras técnicas destacables: la introducción de la TC espiral o helicoidal a finales de los años 80 y el desarrollo de la TC multicorte o multidetector a finales de los años 90.

- En la **TC espiral o helicoidal**, cuando el tubo de rayos x emite la radiación, el movimiento circular del tubo y los detectores se realiza de forma simultánea con un movimiento de traslación de la mesa de exploración. Esto permite adquirir la información de una medida de volumen relativamente amplia en una sola suspensión respiratoria y repercute en una mejor calidad de las reconstrucciones multiplanares y tridimensionales.

- La innovación de la **TC multicorte o multidetector** consiste en sustituir la fila de detectores por varias filas de detectores, de tal manera que, por cada movimiento de rotación del tubo, existen varias filas detectores que reciben información. Ello ha permitido una mayor velocidad de adquisición de la información y la posibilidad de ampliar la extensión del estudio con buena calidad de imagen.

La obtención de imágenes tomográficas del paciente en los 3 planos del espacio evita la superposición de estructuras que existe en la radiografía simple. De este modo se puede realizar una mejor valoración de los detalles óseos, como:

- Relación de los fragmentos de fracturas de difícil valoración en la radiografía simple como, por ejemplo, en el extremo proximal del húmero, columna, pelvis y meseta tibial (**FIGURA 13**)
- Relación articular (radiocubital distal...)
- Patología articular (estudio de la articulación esternoclavicular...)

La TC muestra muy bien la imagen del calcio, por lo que es muy útil para la valoración de las estructuras calcificadas, como la cortical del hueso

Figura 14.

Fractura de meseta tibial.
Reconstrucción multiplanar



A. Imagen en plano coronal. **B.** Imagen en plano sagital

(FIGURA 14), las trabéculas o las calcificaciones u osificaciones de partes blandas. También detecta las masas de partes blandas, pero no proporciona tanta información como la resonancia magnética. Las alteraciones de la médula ósea no se pueden valorar correctamente con la TC y deben ser estudiadas mediante resonancia magnética.

RESONANCIA MAGNÉTICA (RM)

La RM es un fenómeno en el que intervienen campos magnéticos y ondas electromagnéticas de radiofrecuencia y, por tanto, la obtención de imágenes con esta técnica no implica radiación ionizante.

En la RM las imágenes se consiguen aplicando pulsos de radiofrecuencia a un individuo que a su vez está sometido a una campo magnético. Son las variaciones en la resonancia de los núcleos de los hidrogeniones de la grasa y de las moléculas de agua de los tejidos las que producen energía, que es recogida por una antena y más tarde procesada y transformada en una imagen.

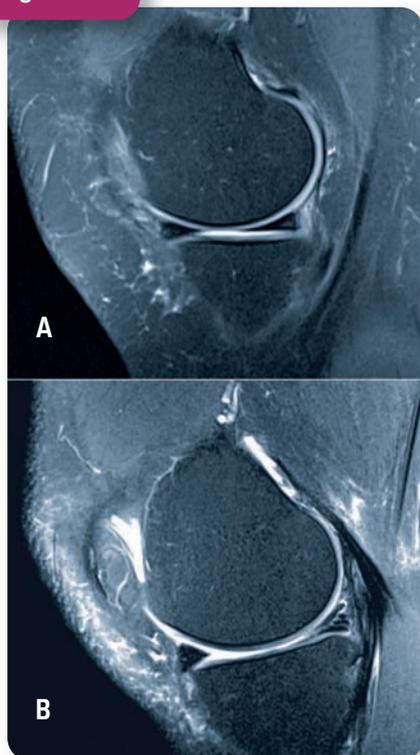
La resonancia magnética puede producir imágenes con un contraste excelente entre los tejidos blandos. El contraste entre los diferentes tejidos o su diferente intensidad de señal, representado en tonos de una escala de grises, se debe a la movilidad y número de átomos de hidrógeno que participan en el fenómeno de la resonancia. La mayor parte del contraste en las imágenes de RM surge de la distribución heterogénea de las densidades tejido-protón (densidad protónica o DP) y de los tiempos de relajación T1 y T2:

- **T1** (*o tiempo de relajación longitudinal*) se denomina al tiempo de recuperación o retorno al estado basal de los hidrogeniones, magnetizados entre pulsos de radiofrecuencia (RF) aplicados repetidamente en intervalos de tiempo constante (TR).
- **T2** (*o tiempo de relajación transversal*) es el que transcurre hasta la realineación al azar de los hidrogeniones con respecto a ellos mismos.

Los tejidos son heterogéneos y poseen estructuras complejas, y los diferentes procesos patológicos implican cambios en la composición y características de los tejidos. Aunque a menudo no se pueden explicar algunas observaciones en los cambios de relajación, se ha acumulado un conocimiento sobre los diversos procesos y factores que contribuyen a la relajación en los medios biológicos acuosos en condiciones de normalidad y en la enfermedad, donde se producen modificaciones químicas o estructurales.

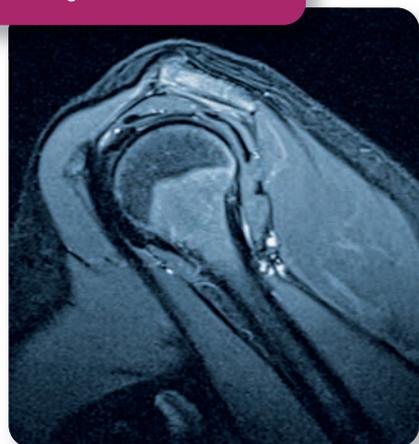
En el aparato musculoesquelético, por ejemplo, el hueso cortical, los ligamentos, los tendones y el fibrocartilago normales ofrecen una baja señal debido a su bajo contenido en agua y, por tanto, baja densidad de protones; y eso se representa en las imágenes como color negro en una escala de grises (FIGURA 15).

Figura 15.



A. Densidad protónica (DP) con supresión grasa (*fat-sat*): menisco normal. **B.** DP *fat-sat*: fisura meniscal en cuerno posterior

Figura 16.
STIR sagital de hombro normal



Una de las secuencias potenciadas en T1 más utilizadas en el estudio del sistema musculoesquelético es la llamada Inversión-Recuperación (STIR), donde obtenemos una imagen en la que la grasa, el hueso medular y otros tejidos con un corto tiempo de relajación T1 aparecerán en negro (FIGURA 16). Además, en el sistema musculoesquelético son también útiles las técnicas de supresión de grasa (*Fat-Sat*) con las que obtenemos mejor imagen de alteraciones de los tejidos como el edema y los cambios inflamatorios o de la patología tumoral.

Recientemente se han incorporado al estudio de la patología del sistema musculoesquelético las secuencias de difusión. Estas se basan en la detección de los movimientos *brownianos* de las moléculas de agua de los tejidos que están limitados por la presencia de otras moléculas y las membranas celulares. El grado de restricción a la difusión aumenta cuando aumenta la densidad celular de los tejidos. Así por ejemplo, los tejidos tumorales con alta celularidad tienen restringida la difusión. Esto se traduce en un aumento de señal en secuencias de difusión.

Para cuantificar la difusión se utiliza el llamado coeficiente de difusión aparente o ADC. Los tejidos con la difusión restringida, por ejemplo por infiltración por células tumorales, muestran valores de ADC bajos. En cuanto a su utilidad, son muchas las publicaciones que demuestran la eficacia de las secuencias de difusión en la diferenciación entre fractura vertebral maligna y fractura vertebral aguda benigna. Asimismo, estas secuencias se han convertido en un biomarcador eficaz en la evaluación de la respuesta al tratamiento de los tumores.

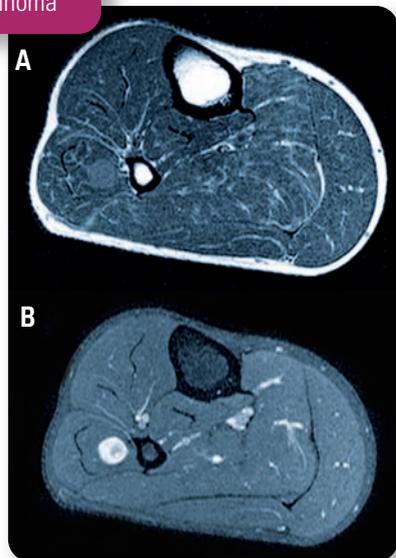
En la TABLA 3 se representan las características de señal normal de los tejidos del sistema musculoesquelético en las secuencias convencionales T1 y T2.

Tabla 3. Señal de resonancia normal de los tejidos del sistema musculoesquelético

Tejido	T1	T2
Hueso cortical	Baja	Baja
Músculo	Intermedia	Intermedia
Tendón/ligamento	Baja	Baja
Fibrocartílago	Baja	Baja
Cartílago articular	Baja	Alta
Grasa/médula ósea	Alta	Intermedia
Líquido	Baja/ intermedia	Alta

Como complemento, en ocasiones utilizaremos un medio de contraste hidrosoluble de administración endovenosa, el **gadolinio** (GD), una sustancia paramagnética que, facilitando la relajación de los

Figura 17.
Neurinoma



A. T1 sin contraste; **B.** T1 *fat-sat* postcontraste

hidrogeniones del agua, aumenta en tiempo T1 y proporciona un realce o aumento de señal de los tejidos (FIGURA 17). Además, utilizando estudios dinámicos podemos introducir una dimensión de tiempo en la caracterización de los tejidos, lo que es especialmente útil en el estudio y diferenciación de los tumores del sistema musculoesquelético.

Para la realización de estudios de RM en el sistema musculoesquelético existen una gran variedad de antenas de superficie que se adaptan a cada zona anatómica. Además existen un gran número de protocolos de estudio que varían en función de la anatomía y de las indicaciones y datos clínicos específicos.

Frente a las ventajas de su capacidad de contraste tisular y de obtener imágenes en cualquier plano del espacio, la RM tiene como inconvenientes la menor resolución espacial frente al TC y la imposibilidad de visualizar calcio en los diferentes procesos patológicos. Asimismo, es una exploración de larga duración (30-60 minutos) y requiere continua colaboración del paciente.

ECOGRAFÍA

Se basa en la emisión y reflexión de **ultrasonidos** (ondas sonoras de mayor frecuencia que la audible por el oído humano) por parte de un **transductor o sonda**. Dicho transductor contiene unos cristales piezoeléctricos que tienen la propiedad de transformar la energía eléctrica en ondas sonoras, y a la vez las ondas sonoras en impulsos eléctricos, al actuar como emisores y receptores de los ultrasonidos.

El sonido requiere la presencia de materia para ser transmitido. La velocidad de transmisión depende de una propiedad de cada material, proporcional a su

densidad, denominada **impedancia acústica**. Dos sustancias con distinta impedancia acústica en contacto dan lugar a una interfase entre ellas. Cuando un haz de ultrasonido transmitido a través de un primer material llega a una interfase, parte de él se propaga por el segundo material y parte se refleja, el **eco**, en cantidad proporcional a la diferencia de impedancia acústica entre ambos. Los ecos son recogidos por el mismo transductor y transformados en impulsos eléctricos que generan la imagen que veremos en la pantalla.

Los tejidos del cuerpo humano presentan interfases que producen imágenes ecográficas en escala de grises. Las estructuras cuyas interfases reflejan más los ultrasonidos son **hiperecoicas** (brillantes), mientras que las que los reflejan menos

son **hipoecoicas** (gris oscuro). El agua es el elemento del organismo que mejor transmite los ultrasonidos, sin reflexión, por tanto su imagen es **anecoica** (negra). Los tejidos muy celulares, ricos en agua, serán, pues, hipoecoicos, mientras que los tejidos óseos o fibrosos serán hiperecoicos.

La TABLA 4 refleja las características ecográficas normales de las principales estructuras anatómicas del aparato locomotor.

La aparición en los últimos años de nuevas generaciones de equipos, con transductores de alta frecuencia (10-17 MHz), permite una detallada visualización de las partes blandas, incluyendo las de pequeño tamaño, como los nervios o los tendones y ligamentos de los dedos.

Otras mejoras técnicas son la posibilidad de estudiar en una sola imagen (panorámica) estructuras de gran longitud como el tendón de Aquiles. La técnica de Doppler pulsado nos permite estudiar la vascularización de los tejidos; además la nueva técnica **Doppler-color** permite demostrar flujos de baja velocidad, lo cual resulta muy útil en la valoración de procesos inflamatorios y tumorales (FIGURA 18).

Tabla 4. Características ecográficas de las estructuras anatómicas normales

Tejido	Características ecográficas
Tendones	Ecogénicos
Músculo	Moderadamente hipoecogénicos Los septos de los haces musculares se observan como líneas ecogénicas en el interior del músculo
Fibrocartílago	Ecogénico
Cartilago hialino	Banda hipoecoica con bordes nítidos
Hueso	Cortical ecogénica, con sombra acústica posterior que no permite ver más profundamente
Ligamentos	Bandas hiperecoicas
Líquido mecánico	Homogéneamente anecoico
Sangre, pus	Pueden tener una ecogenicidad variable
Calcificaciones	Hiperecoicas, con o sin sombra acústica posterior en función del tamaño

Figura 18.

Tumoración de partes blandas que presenta un aumento de la vascularización en el Doppler color

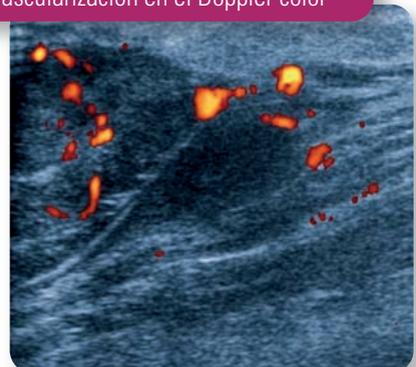


Figura 19.

Engrosamiento e hipogenicidad del tendón supraespinoso compatible con tendinosis



Figura 20.

Imagen anecogénica en el seno del tendón supraespinoso compatible con rotura completa



Finalmente, otra posibilidad que ofrece la ecografía es el estudio de las estructuras anatómicas en movimiento o en posiciones forzadas. Este estudio también puede realizarse con radiografía simple (en la que no se pueden valorar directamente las partes blandas), pero no mediante TC o RM.

De este modo, debido a estas capacidades y a que es una técnica sencilla, barata, accesible, que no irradia y no presentan efectos secundarios, la ecografía es una técnica muy útil en el estudio del aparato locomotor.

Presenta dos **limitaciones** principales. En primer lugar, al ser reflejado por el calcio, el ultrasonido no puede atravesar la cortical de los huesos y, por tanto, no ofrece información del hueso que está más profundo a la cortical. La segunda limitación de la ecografía es que la correcta obtención de imágenes e interpretación de las mismas depende directamente de la experiencia del explorador.

Las principales **indicaciones** clínicas de la ecografía en el aparato locomotor son el estudio de lesiones musculares, tendinosas (**FIGURAS 19 Y 20**) y ligamentosas, detección de derrame articular, valoración de colecciones líquidas y nódulos de partes blan-

das y estudio de la enfermedad del desarrollo de la cadera infantil. Como técnica intervencionista es utilizada para infiltraciones, aspiraciones, drenajes y biopsias.

GAMMAGRAFÍA ÓSEA

La utilización de compuestos difosfonados marcados con ^{99m}Tc para estudios gammagráficos del sistema osteoarticular data del comienzo de la década de los 70, siendo la gammagrafía ósea un procedimiento muy habitual en la práctica asistencial de los servicios de Medicina Nuclear. Si bien el mecanismo de fijación de estos complejos a nivel óseo no está totalmente establecido, parece que la incorporación ósea de los difosfonatos a nivel molecular está mediada tanto por fenómenos de quimioadsorción en la capa de iones hidratados de la superficie de los cristales de hidroxapatita, como por su unión a la matriz orgánica del tejido.

Existen además cuatro factores fundamentales que intervienen directamente en el grado de captación y que son: el flujo sanguíneo regional, la permeabilidad capilar, la eficiencia de extracción y la actividad osteoblástica local.

La imagen gammagráfica refleja la reacción metabólica, funcional, al proceso patológico —sea este tumoral, traumático o inflamatorio— que se manifiesta en fases previas a la apreciación de cambios estructurales. Es por ello un procedimiento dotado de una elevada sensibilidad, pero que, en contraposición, adolece de una especificidad más limitada.

Las imágenes gammagráficas pueden ser adquiridas en una fase precoz, de forma inmediata a la administración del radiofármaco, para valorar la vascularización de la zona a estudio y, en una fase tardía, pasadas entre 2 y 3 horas, momento en el que se ha producido la incorporación del radiofármaco en la matriz ósea (FIGURA 21). La exploración normal presenta una fijación ósea simétrica respecto a la línea media, con distribución homogénea y mayor captación en las zonas metabólicamente más activas, ricas en hueso trabecular, como el esqueleto axial.

Existen numerosas variantes de la normalidad: hiperostosis frontal, hipoactividad central esternal (por menor espesor), morfología xifoidea, calcificaciones condrocostales, reforzamiento en inserciones musculares (deltoides, intercostales...), etc., que no producen confusión en el observador experimentado.

En personas de edad avanzada este patrón puede mostrar asimetrías del depósito a nivel del cráneo, hombros, articulaciones esternoclaviculares y uniones condrocostales, sin particular trascendencia clínica. De igual forma deben conocerse las diferencias y patrones de maduración del esqueleto en fase de crecimiento. Es habitual la visualización de los parénquimas renales y vejiga urinaria debido a la eliminación fisiológica del radiofármaco o radiotrazador, lo que en ocasiones permite detectar anomalías morfológicas, excretoras o de posición.

Las imágenes anormales se presentan comúnmente como focos de hiperfijación (hipercaptantes o «calientes») y más raramente como defectos fotopélicos (áreas hipocaptantes o «frías») en caso de lesiones isquémicas o líticas. La lesión básica, hipercaptante, traduce una alteración metabólica producida por el agente causal, sea inflamatorio, infeccioso, o el proceso neoplásico, en ocasiones desde fases muy iniciales y con anterioridad a la aparición de hallazgos patológicos estructurales radiológicos; sin embargo aporta pocos datos sobre la posible etiología de una lesión determinada. Por ello el juicio diagnóstico se basa en el reconocimiento de la semiología gammagráfica de la lesión y de los patrones de afectación característicos de las diferentes

Figura 21.

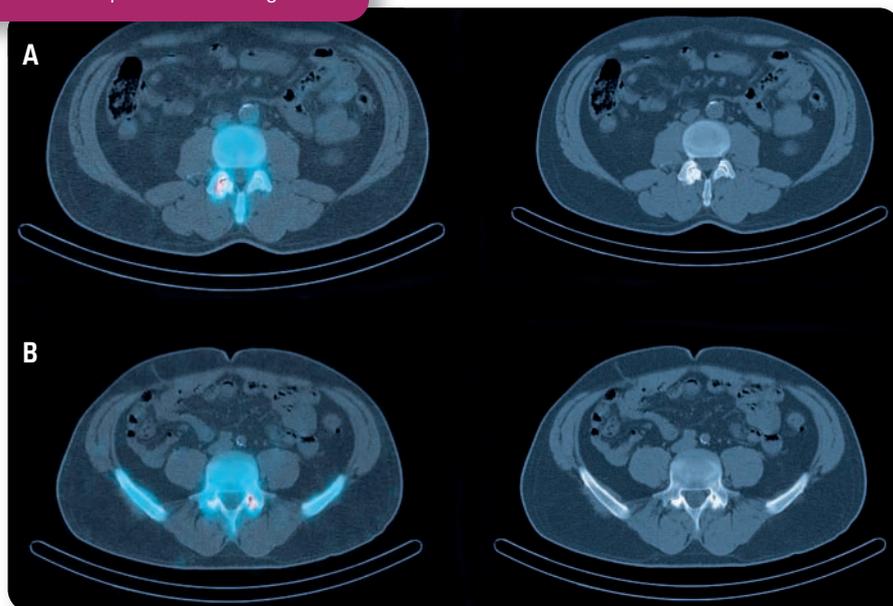
Paciente remitido para valoración por dolor lumbar de meses de evolución



La imagen planar en fase precoz no evidencia signos de hiperemia en región lumbar (A). La imagen adquirida en la fase tardía (B) pone de manifiesto una mayor fijación focal de difosfonatos en la zona articular interapofisaria del lado derecho de L3-L4 e izquierdo de L4-L5

Figura 22.

Estudio SPECT en el paciente de la figura 21



El estudio de fusión SPECT-TC (**A-B**) corrobora la localización de la captación de difosfonatos en articulación interapofisaria derecha de L3-L4 (**A**) e izquierda de L4-L5 (**B**) donde a su vez la imagen TC constata signos artrodegenerativos

patologías. La gammagrafía es un procedimiento diagnóstico sencillo, de bajo coste económico y con escasa irradiación para el paciente que permite la valoración rápida no solo de una región ósea concreta, sino también de la totalidad del esqueleto.

Entre sus **indicaciones** más aceptadas destacan los tumores óseos, primitivos o secundarios (metástasis óseas), patología séptica e inflamatoria (osteomielitis, espondilodiscitis, periostitis, artritis), patología metabólica ósea (osteodistrofia renal, enfermedad de Paget), patología traumática (politraumatismos, fracturas ocultas, retraso de consolidación, distrofia simpático refleja), medicina deportiva (fracturas de estrés, osteopatía de pubis, patología muscular y articular), patología vascular (necrosis avascular u osteonecrosis, infar-

tos óseos), patología osteoarticular degenerativa y dolor óseo persistente no filiado mediante otras técnicas de imagen.

En las últimas décadas, con el advenimiento de nuevos equipos que han incorporado mejoras técnicas en la adquisición de imágenes, en su procesado y en la reconstrucción de estudios tomogammagráficos (**SPECT**), se ha conseguido una mayor exactitud en la localización y una mejor caracterización fisiológica de las lesiones. Además, el reciente desarrollo de **sistemas híbridos SPECT-TC** ha hecho posible combinar la información fisiológica del estudio tomogammagráfico y la resolución anatómica que ofrece la imagen TC, lo que ha mejorado considerablemente la especificidad de la técnica gammagráfica (**FIGURA 22**).

CONTRAINDICACIONES DE LAS TÉCNICAS DE IMAGEN

Antes de empezar a presentar las diversas situaciones clínicas, creemos conveniente recordar las contraindicaciones generales de las técnicas de imagen.

1. RADIOLOGÍA SIMPLE

- **Embarazo.** Debe aplazarse la radiografía hasta que finalice el embarazo, excepto en los casos en que peligre la vida de la madre o empeore gravemente su pronóstico el hecho de no realizar un estudio radiológico diagnóstico y el tratamiento adecuado a su enfermedad de base.

2. ECOGRAFÍA

No existen contraindicaciones médicas conocidas.

3. MEDICINA NUCLEAR

1. Contraindicaciones absolutas

- **Embarazo.** Debe aplazarse la gammagrafía hasta que finalice el embarazo, excepto en los casos en que peligre la vida de la madre o empeore gravemente su pronóstico el hecho de no realizar un estudio radiológico diagnóstico y el tratamiento adecuado a su enfermedad de base.

2. Contraindicaciones relativas

- **Lactancia.** En caso de ser necesaria la administración de contraste, la lactancia no se puede reiniciar hasta 48 horas después de su administración.

3. No contraindican las pruebas de medicina nuclear:

- Alergia al contraste yodado.
- Insuficiencia renal.

4. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

1. Contraindicaciones absolutas:

- **Embarazo.** Debe aplazarse la TC hasta que finalice el embarazo, excepto en los casos en que peligre la vida de la madre o empeore gravemente su pronóstico el hecho de no realizar un estudio radiológico diagnóstico y el tratamiento adecuado a su enfermedad de base.

Estudios con contraste:

- **Alergia al contraste yodado.**
- **Insuficiencia renal.**

2. Contraindicaciones relativas:

Estudios con contraste:

- **Antecedentes de reacción alérgica leve al contraste yodado.** Se ha de valorar la idoneidad de realizar el estudio de TC con contraste después de administrar premedicación.
- **Lactancia.** En caso de ser necesaria la administración de contraste, la lactancia no se puede reiniciar hasta 5 días después de su administración.

5. RESONANCIA MAGNÉTICA

1. Contraindicaciones absolutas:

- **Marcapasos. Desfibriladores.**
- **Implantes cocleares.**
- **Embarazo.** Debe aplazarse la RM hasta que finalice el embarazo, excepto en los casos en que peligre la vida de la madre o empeore gravemente su pronóstico el hecho de no realizar un estudio radiológico diagnóstico y el tratamiento adecuado a su enfermedad de base. Según el *Safety Committee of the Society for Magnetic Resonance Imaging* y el *American College of Radiology*, en el caso de que sea necesario un estudio radiológico durante el embarazo, la RM está indicada si otras formas de diagnóstico por la imagen no ionizantes son inadecuadas o si aporta información importante que de otra forma hubiese necesitado exposición a radiaciones ionizantes (ej., radiografía, TC...).

- 
- **Clips vasculares no RM compatibles.** Antes de indicar una RM el médico debe conocer la marca (casa comercial) y el modelo del clip o las prótesis, y poner en disposición del centro de diagnóstico por la imagen dicha información para valorar la compatibilidad con la RM de dichas prótesis o clips.
 - **Cuerpos extraños metálicos** en los ojos y en otras localizaciones de riesgo vital, intracraneales, canal raquídeo, grandes vasos, hígado (metralla, proyectiles...).

2. Contraindicaciones relativas:

- **Fiebre** >38° C.
- **Lactancia.** En caso de ser necesaria la administración de contraste, la lactancia no se puede reiniciar hasta 24 horas después de su administración.
- **Prótesis cardíacas no RM compatibles.** Antes de indicar una RM, el médico debe conocer la marca (casa comercial) y el modelo del clip o las prótesis, y poner en disposición del centro de diagnóstico por la imagen dicha información para valorar la compatibilidad con la RM de dichas prótesis o clips.
- **Válvulas de DVP y dosificadores programables.** Después de su exposición al campo magnético han de ser reprogramados.
- **Claustrofobia severa.** En este caso se podría hacer una RM abierta.
- **Obesidad mórbida** (>130 Kg).

Nota: la insuficiencia renal no contraindica el estudio de RM con gadolinio.