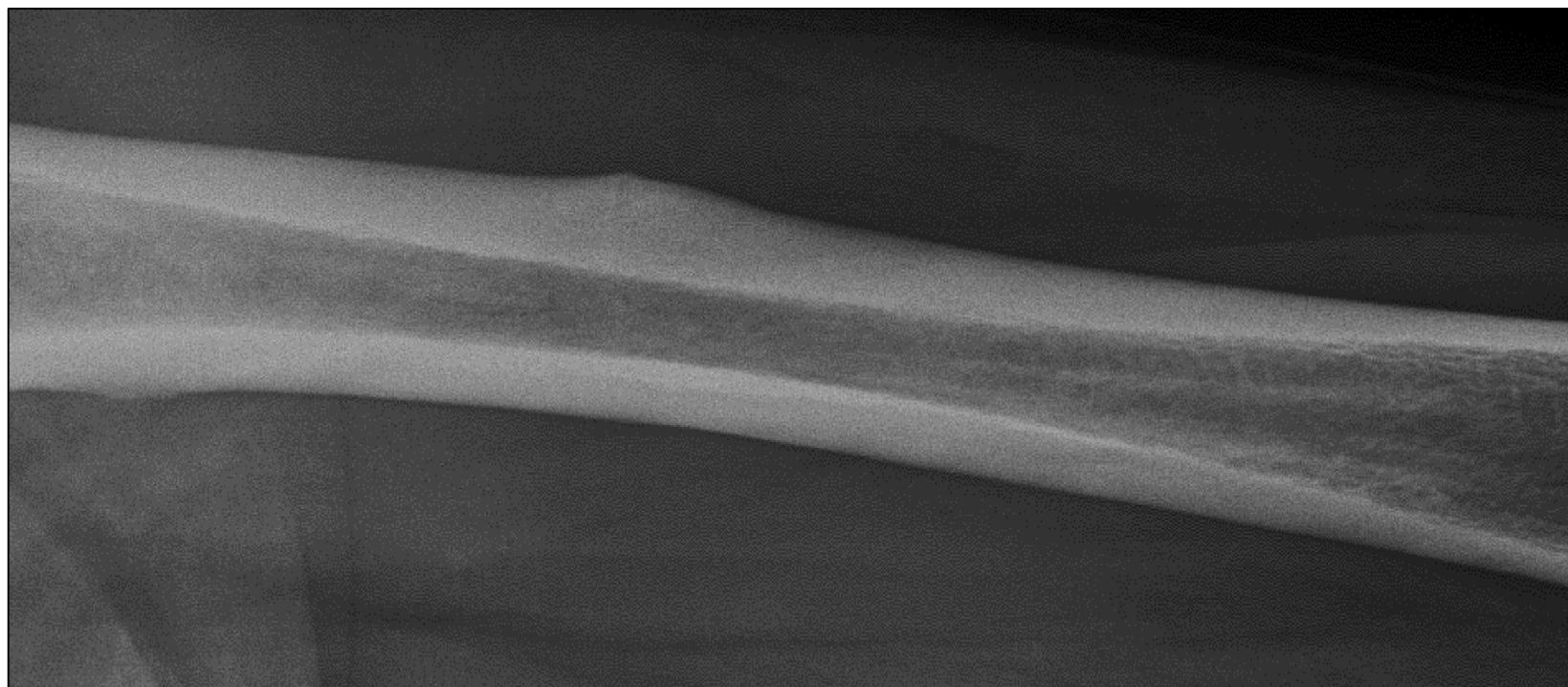


Fracturas atraumáticas "SPA"

Stress, Patológicas y Atípicas



Iñigo Gutiérrez Legorburu, Cristina Biosca Calabuig, Juan Ignacio Cervera Miguel, Jorge López Tomás, Jorge García Mayor, Clara Mengual Cortell, Carlos Parralejo Cañada, Sara Roig Sánchez

Hospital Clínico Universitario de Valencia

OBJETIVOS DOCENTES

- Realizar una revisión pictórica de los hallazgos radiológicos típicos de las fracturas atraumáticas.
- Clasificar las fracturas atraumáticas según el mecanismo lesional.
- Realizar una correlación entre las diferentes técnicas de imagen: radiografía convencional (RX), tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM).
- Conocer las claves que facilitan su detección y permiten un manejo posterior específico.

REVISIÓN DEL TEMA

Se define fractura como una pérdida de continuidad en el tejido óseo.

Pueden ocurrir:

- Debido a una fuerza extrínseca única que supera la carga del hueso (**traumáticas**)
- Debido a un cúmulo de microfracturas que impiden la correcta reparación del tejido óseo (**atraumáticas**). Estas últimas se clasifican en **fracturas de estrés, patológicas o atípicas** (Fig. 1).

Las fracturas de estrés pueden dividirse a su vez en aquellas que afectan a un hueso sano (**fatiga**) o aquellas que ocurren en hueso enfermo/débil (**insuficiencia**).

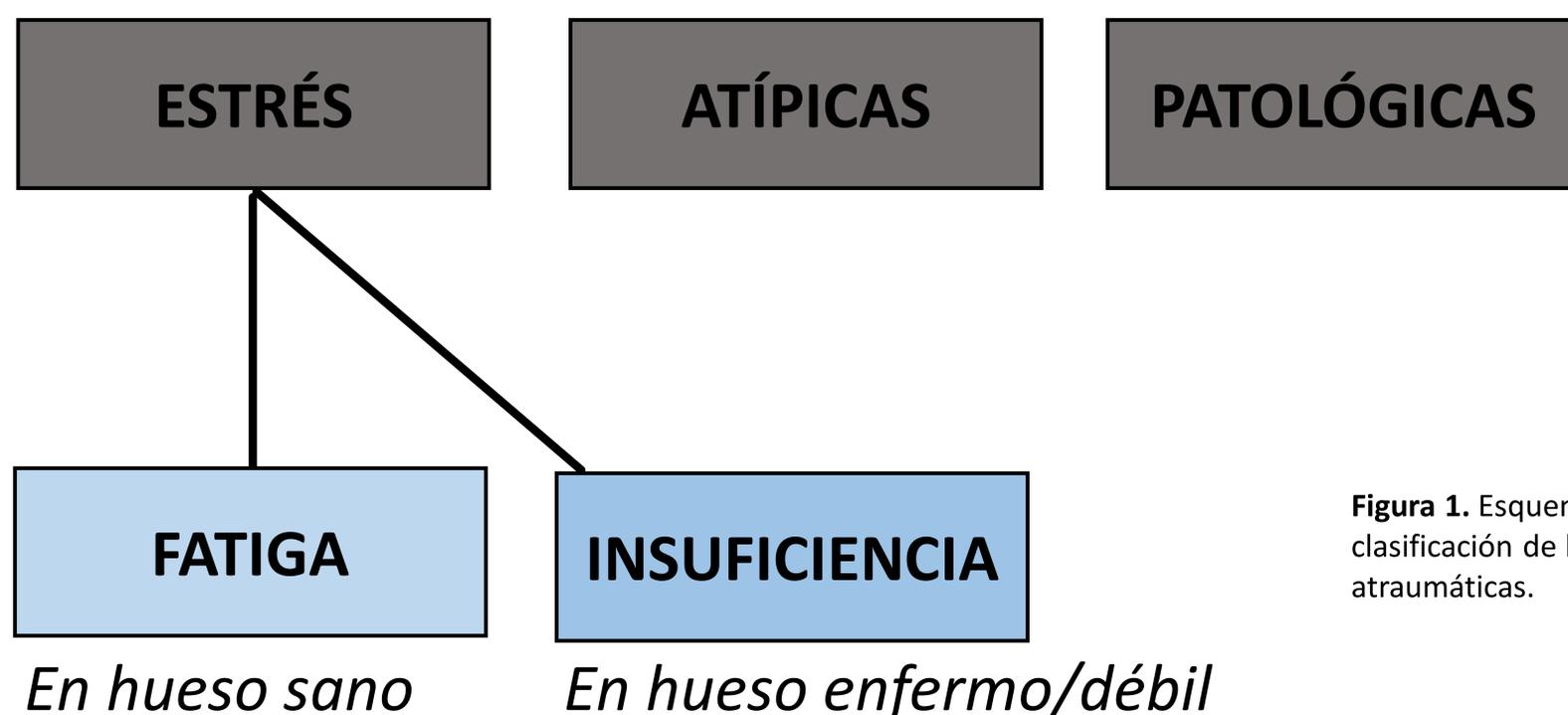


Figura 1. Esquema de la clasificación de las fracturas atraumáticas.

REVISIÓN DEL TEMA

PROPIEDADES MECÁNICAS

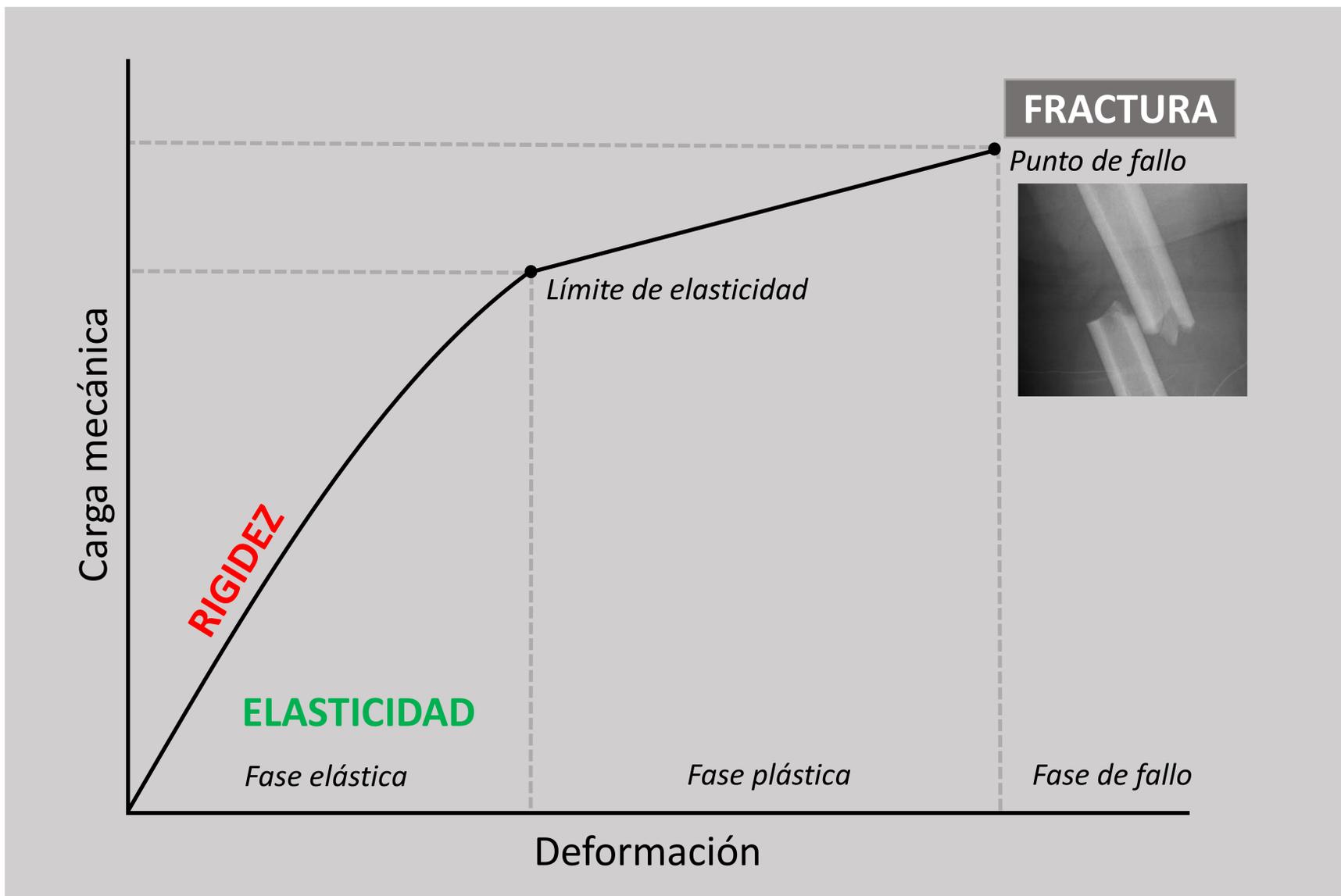


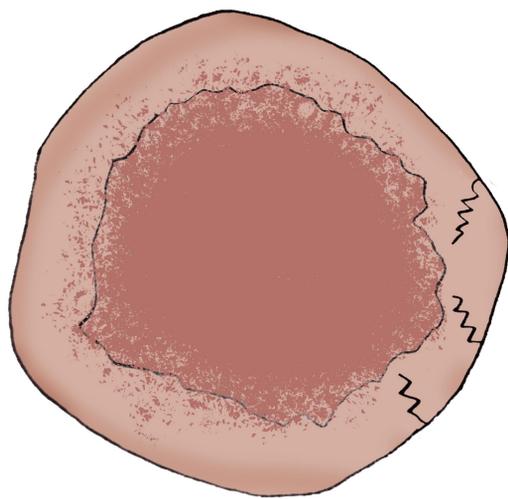
Figura 2. Gráfica que representa el comportamiento del hueso en función de la carga mecánica aplicada.

1. **Fase elástica:** el hueso sufre deformidades reversibles, sin daño alguno, adaptándose a la carga ejercida sobre el mismo (Fig. 2).
2. **Fase plástica:** el tejido óseo sufre una deformidad irreversible con microfracturas y necesidad de activación del sistema reparatorio del hueso.
3. **Fase de fallo:** el tejido óseo no puede soportar las cargas ejercidas y sufre una rotura gruesa (traumática).

REVISIÓN DEL TEMA

«todo cambio en la forma y función de los huesos, o únicamente de su función, es seguido por ciertos cambios bien definidos en su arquitectura interna y, también, por alteraciones secundarias definidas en su conformación externa, siguiendo leyes matemáticas»

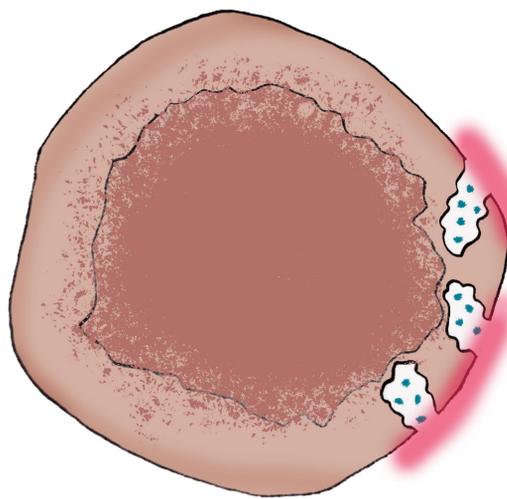
JULIUS WOLFF



Microtraumatismos sobre el hueso de forma repetida



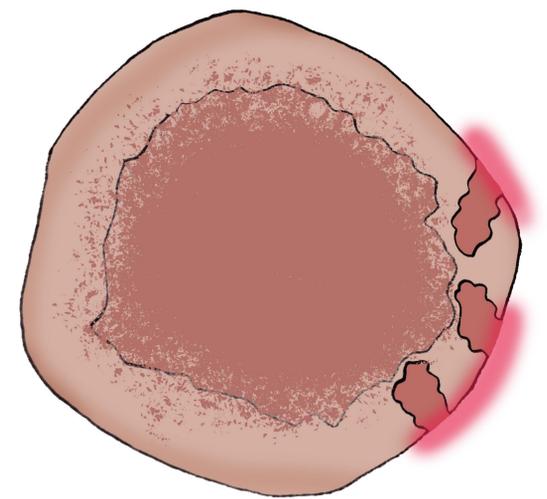
ESTRÉS



Creación de cavidades mediante la activación osteoclástica



ATÍPICAS



Activación de osteoblastos y generación de tejido óseo



PATOLÓGICAS

Figura 3. Esquema del ciclo de remodelación ósea y fase en la que ocurren las fracturas atraumáticas. Fuente propia, inspirada en artículo de Marshall RA et al., RadioGraphics 2018;38:2173–92.

Un desequilibrio en cualquier componente del proceso impide la reparación adecuada y predispone a fracturas atraumáticas.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas de fatiga

Fallo focal que ocurre en un hueso sano, causado por estrés repetitivo.

- Generalmente en pacientes jóvenes, con **alta actividad deportiva**.
- Entran en juego tanto **factores intrínsecos** del paciente (sexo, calidad del hueso, fuerza muscular...) como los **factores extrínsecos** (frecuencia y fuerza del entrenamiento, pisada, calzado).
- Más frecuentes en **MMII > MMSS**, por la mayor carga de los primeros.

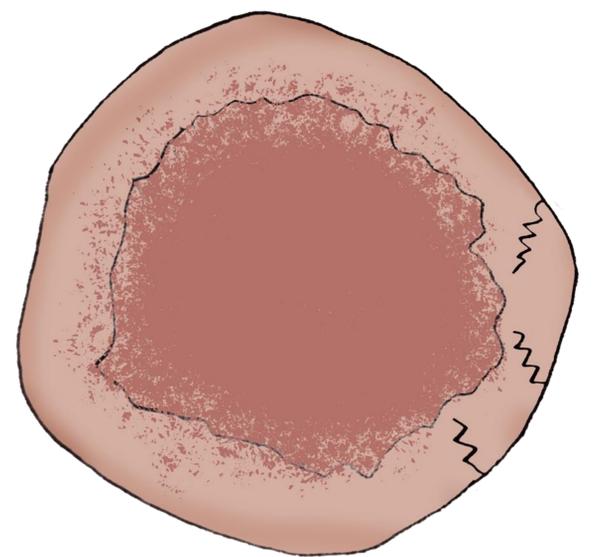


Figura 4. Ilustración esquemática de microtraumatismos corticales. Fuente propia

tibia > calcáneo > metatarsos > fémur proximal

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas de fatiga

HALLAZGOS RADIOLÓGICOS (RX y TC)

Las manifestaciones radiológicas van a depender de **2 factores**:

AFECCIÓN DE HUESO CORTICAL/TRABECULAR

+

CRONICIDAD DE LA LESIÓN

CORTICAL (*diáfisis de huesos largos*)

- Radiolucencia cortical mal definida.
- Engrosamiento cortical (reacción perióstica y endóstica)
- En alto grado: línea radioluciente cortical

TRABECULAR (*metáfisis*)

- Borramiento y esclerosis trabecular
- Progresión a esclerosis lineal intramedular



Figura 5. RX de pie anteroposterior (AP). Línea radioluciente oblicua (*flecha blanca*) en la cortical medial de diáfisis de tercer metatarsiano con reacción perióstica lateral (*cabeza de flecha*).



Figura 6. RX de tibia y peroné AP y lateral. Línea radiodensa trabecular (*flecha blanca*) con borramiento, engrosamiento cortical y reacción perióstica (*cabezas de flecha*).

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas de fatiga



Figura 7. TC de tobillo, coronal. Radiolucencia lineal en la cortical lateral diafisaria peroneal con engrosamiento perióstico (*flecha blanca*).



Figura 8. RX de pie AP. Radiolucencia lineal cortical en la diáfisis del 4º metatarsiano con reacción perióstica (*flecha blanca*).



Figura 9. TC de cadera derecha, coronal. Hiperdensidad lineal (*punta de flecha*) en cuello femoral, en relación con fractura de fatiga en zona con mayor proporción de hueso trabecular.



Figura 10. RX de pie AP. Línea radioluciente transversa en base del 2º metatarsiano (*cabeza de flecha*).

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas de fatiga

HALLAZGOS RADIOLÓGICOS (RM)

- Edema subperióstico e intramedular en secuencias sensibles al líquido
- Línea hipointensa (implica mayor gravedad)
- Formación ósea y de callo de fractura (hipointenso en todas las secuencias)

La sensibilidad de estas fracturas en RM es muy alta, cercana al 100%, mientras que la de la RX convencional en estadios iniciales es del 15-35%.

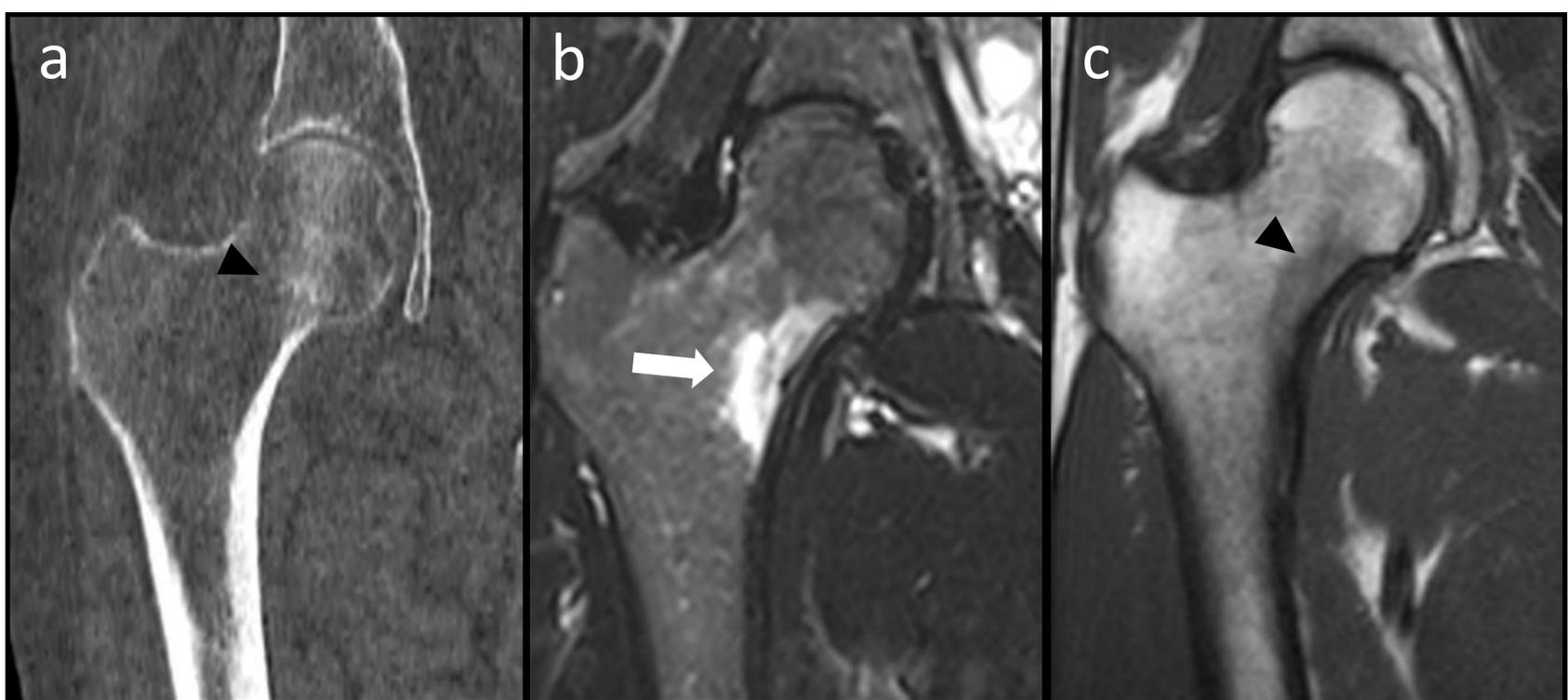


Figura 11. a) TC de cadera derecha, coronal. Línea hiperdensa en cuello femoral (*cabeza de flecha*). b, c) Mismo paciente, RM en secuencias DP con saturación grasa y T1, coronal. Marcado edema en cuello femoral (*flecha blanca*), con línea hipointensa en T1 (*cabeza de flecha*) en relación con fractura de estrés.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas de fatiga

RM: GRAVEDAD Y RIESGO

Mediante los hallazgos por RM se pueden clasificar por gravedad según la **escala de Fredericson modificada**.

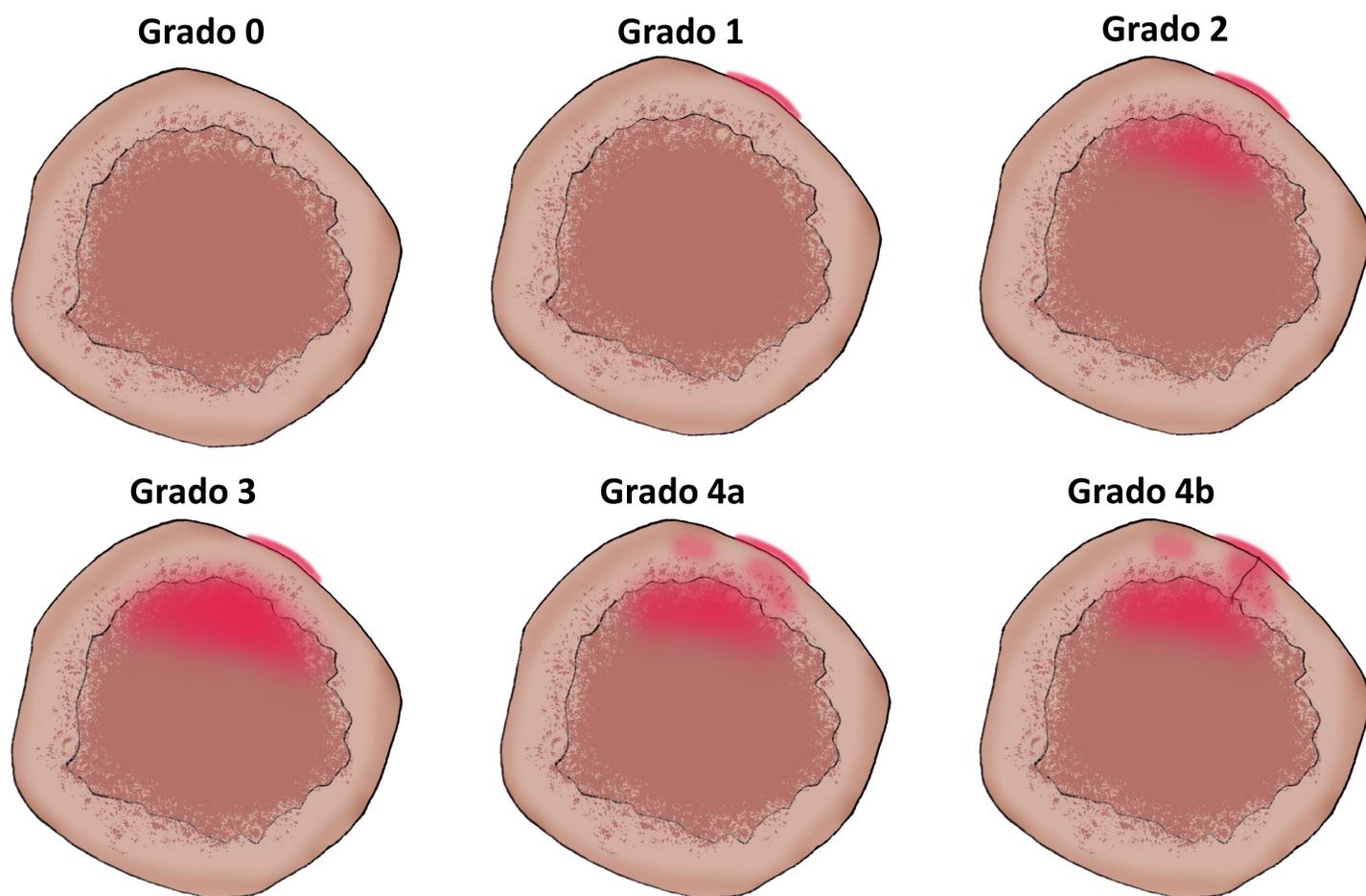


Figura 12. Ilustración de los diferentes grados de afectación ósea en las fracturas de fatiga según la escala de Fredericson modificada. Fuente propia.

Grado	Hallazgos en RM
1	Edema perióstico
2	Edema perióstico y medular (solo visible en secuencias T2 con supresión grasa)
3	Edema perióstico y medular (visible tanto en T1 como T2)
4	a: Edema perióstico y medular, además de cambios en la cortical ósea. b: Edema perióstico y medular, con cambios en la cortical de morfología lineal.

Tabla 1. Resumen de los grados de la escala de Fredericson modificada.

El **lugar** en el hueso y las **fuerzas** a las que está sometido también juegan un papel importante, ya que pueden determinar el riesgo de progresión.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas de fatiga

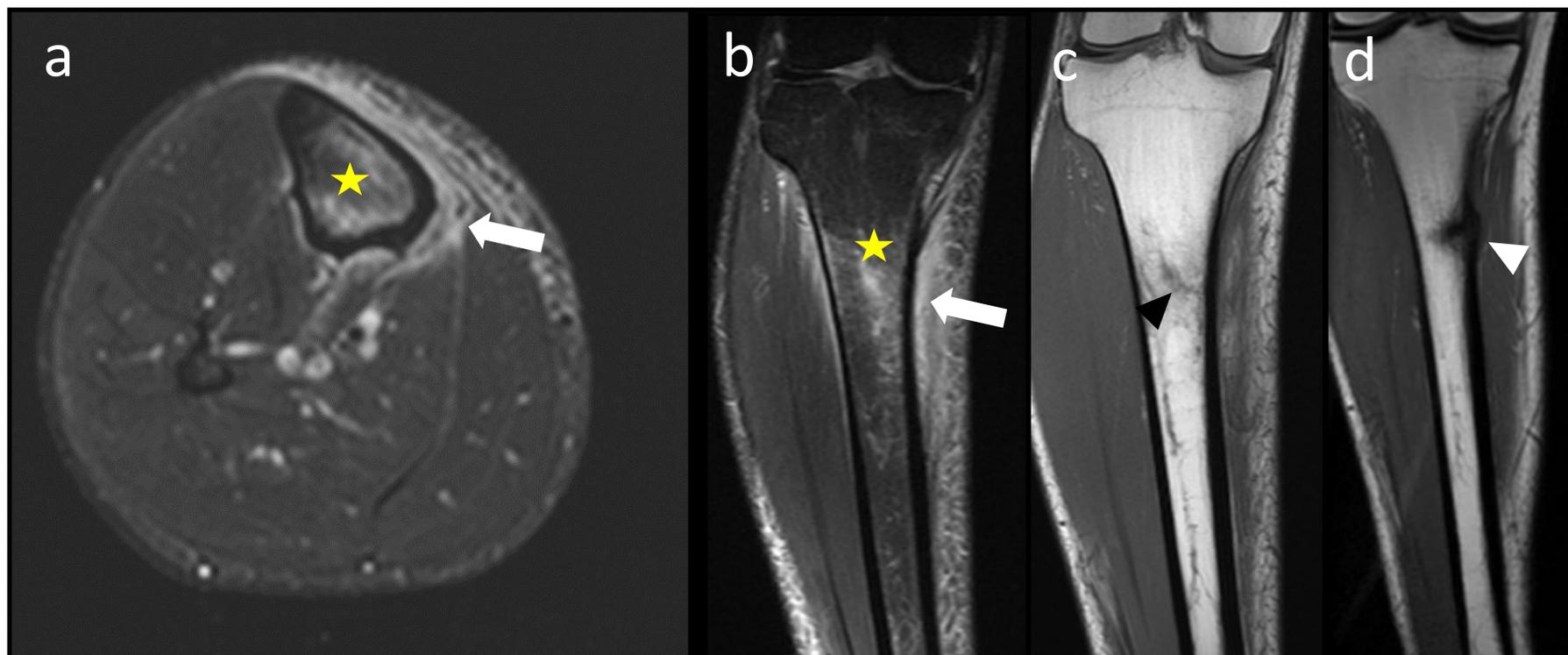


Figura 13. RM de la pierna en secuencias STIR axial y coronal (a,b) y T1 coronal (c,d). Edema intramedular (*estrella*), así como perióstico y en partes blandas (*flecha blanca*), condicionado por fractura de fatiga grado 3. En T1 se observa hipointensidad lineal (*cabeza de flecha negra en c*) y formación ósea cortical (*cabeza de flecha blanca*) meses más tarde.

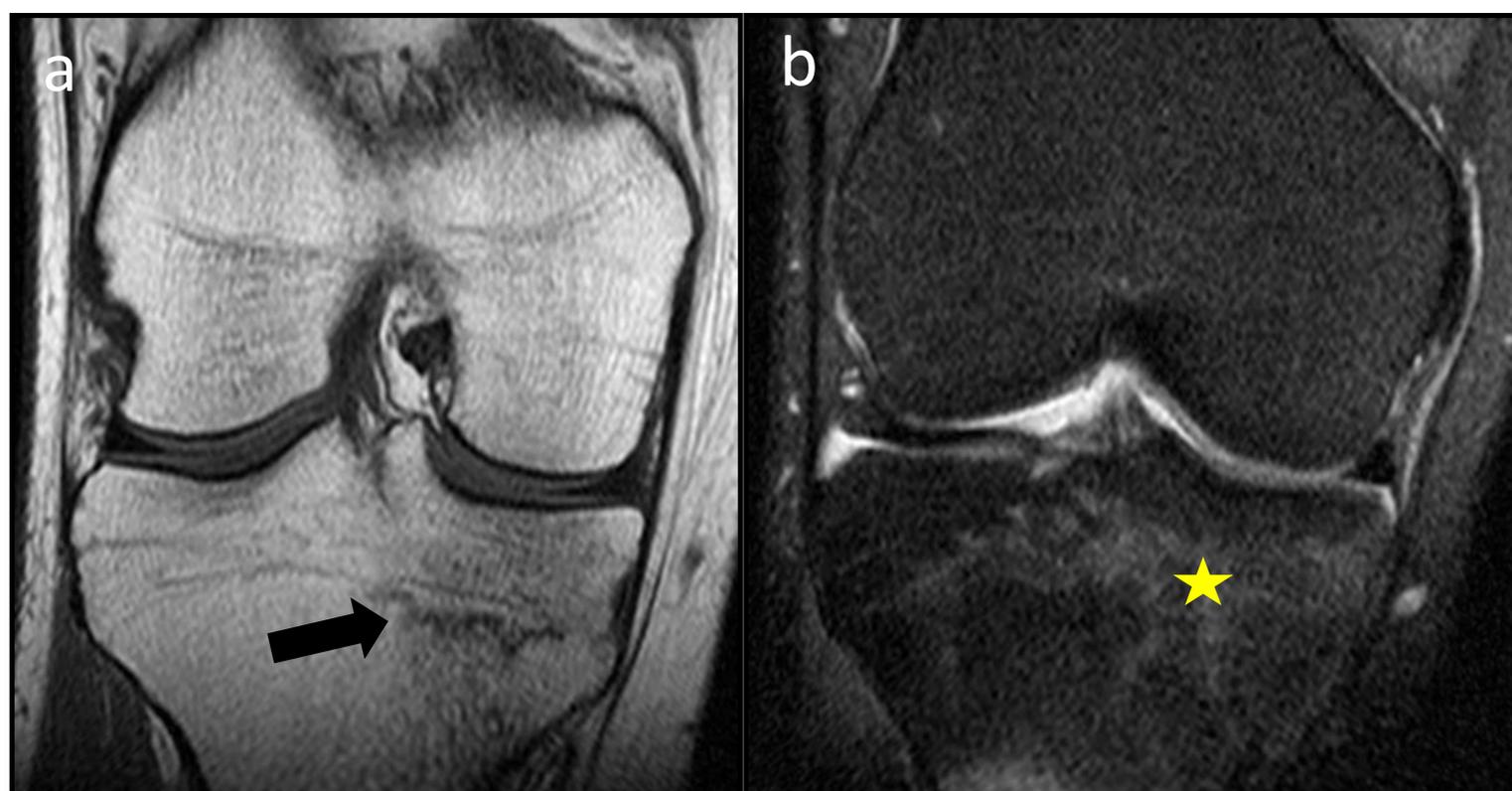


Figura 14. RM de rodilla en secuencias T1 (a) y DP con saturación grasa (b) coronal. Hipointensidad lineal metafisaria por fractura trabecular (*flecha negra*), que asocia edema intramedular metafisario (*estrella*).

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas de fatiga

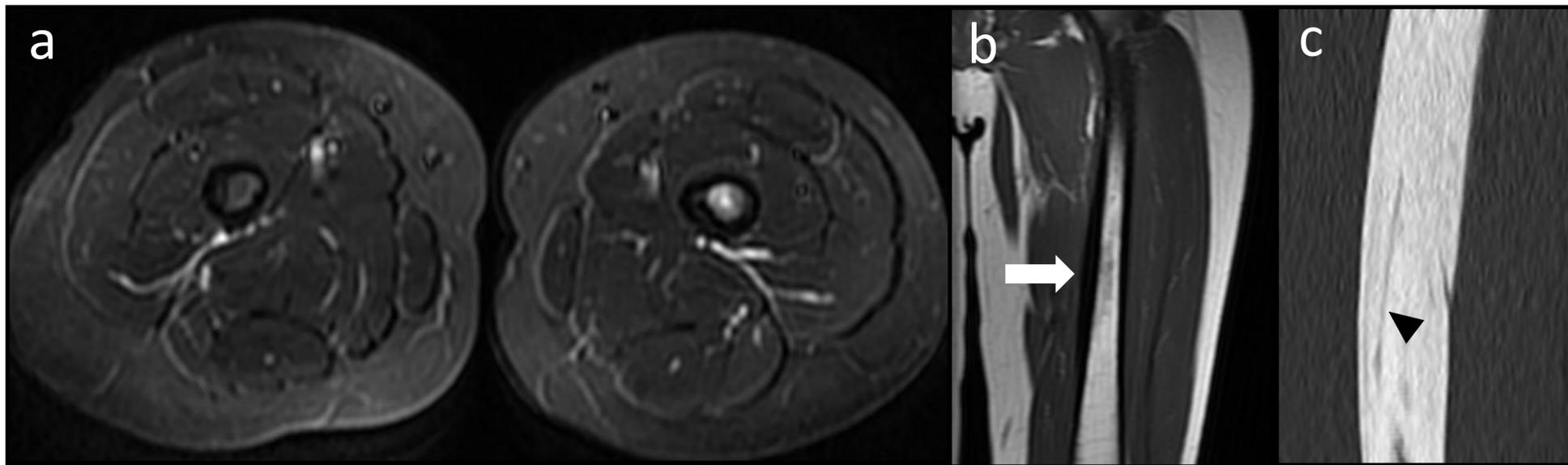


Figura 15. RM en secuencias STIR axial (a), T1 coronal (b) y reconstrucción coronal de TC de fémur izquierdo. Edema intramedular de fémur izquierdo con engrosamiento cortical y reacción perióstica de cortical medial (*flecha blanca*). En TC se observa el trazo de fractura longitudinal transcortical (*cabezas de flecha*).



Figura 16. RM en secuencias T1 (a) y secuencia fast STIR (b). Fractura de cuello femoral izquierdo con varización e impactación. Edema intramedular y en tejidos circundantes debido a fractura de fatiga avanzada (grado 4b) en paciente triatleta

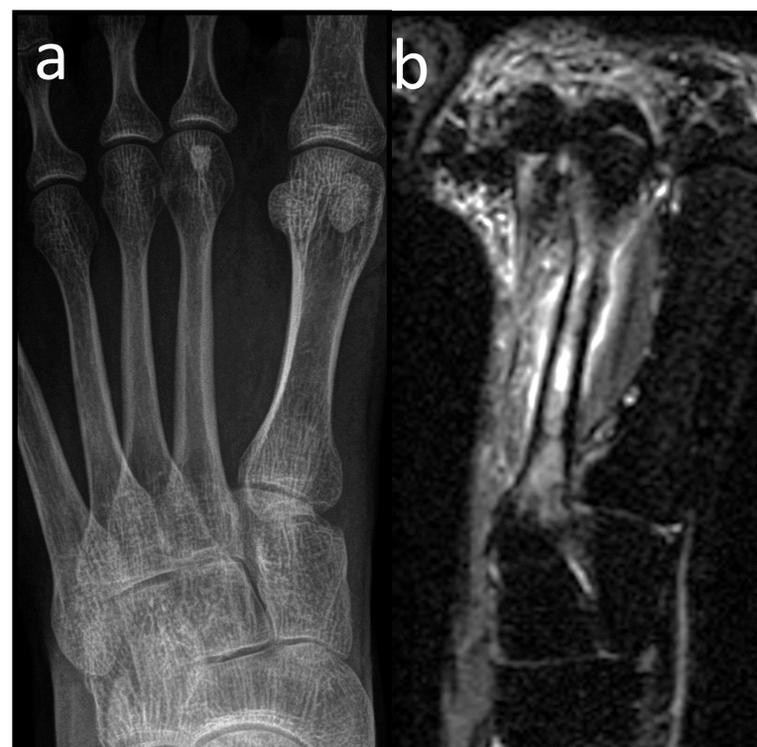


Figura 17. RX de pie (a) y RM en secuencia STIR (b) de pie. Marcada hiperintensidad intramedular y en vecindad de diáfisis de tercer metatarsiano debido a fractura de fatiga.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas por insuficiencia

Las fracturas por insuficiencia ocurren en paciente con huesos débiles o enfermos.

CAUSAS

- Alteración en la homeostasis mineral: **osteoporosis** (la más frecuente), hiperPTH, DM, osteomalacia
- Alteración en el remodelado óseo: Paget, osteopetrosis, displasias esclerosantes
- Alteración de la formación de colágeno: osteogénesis imperfecta, Marfan
- Fármacos: corticoides, quimioterapia
- Radioterapia previa



Figura 18. TC de pelvis (a) y reconstrucción 3D (b). Trazos de fractura esclerosos en sacro con morfología en "H", compatible con fracturas por insuficiencia en paciente osteopénico.



Figura 19. RM de rodilla en secuencia DP. Trazo de fractura subcondral (punta de flecha) con edema óseo del cóndilo femoral. Derrame articular y cambios edematosos en partes blandas adyacentes.

Pueden ser **difíciles de diferenciar con fatiga y traumáticas:**

- Indagar en los antecedentes
- Puede haber patrones similares en fracturas traumáticas: radio distal, platillo tibial, cuello femoral,... aunque para fracturar un hueso normal hacen falta energías más altas.
- Pueden existir varios mecanismos.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas por insuficiencia

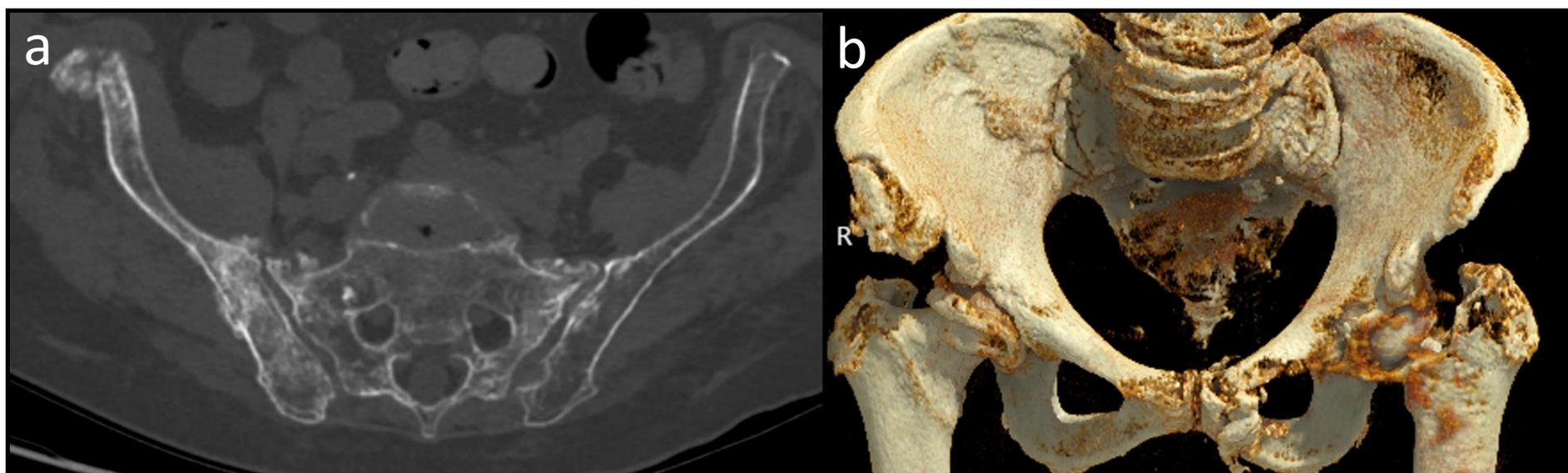


Figura 20. TC de pelvis, axial (a) y reconstrucción 3DVR (b). Paciente tratada previamente con radioterapia, observando numerosos trazos de fractura en distinto estadio evolutivo.

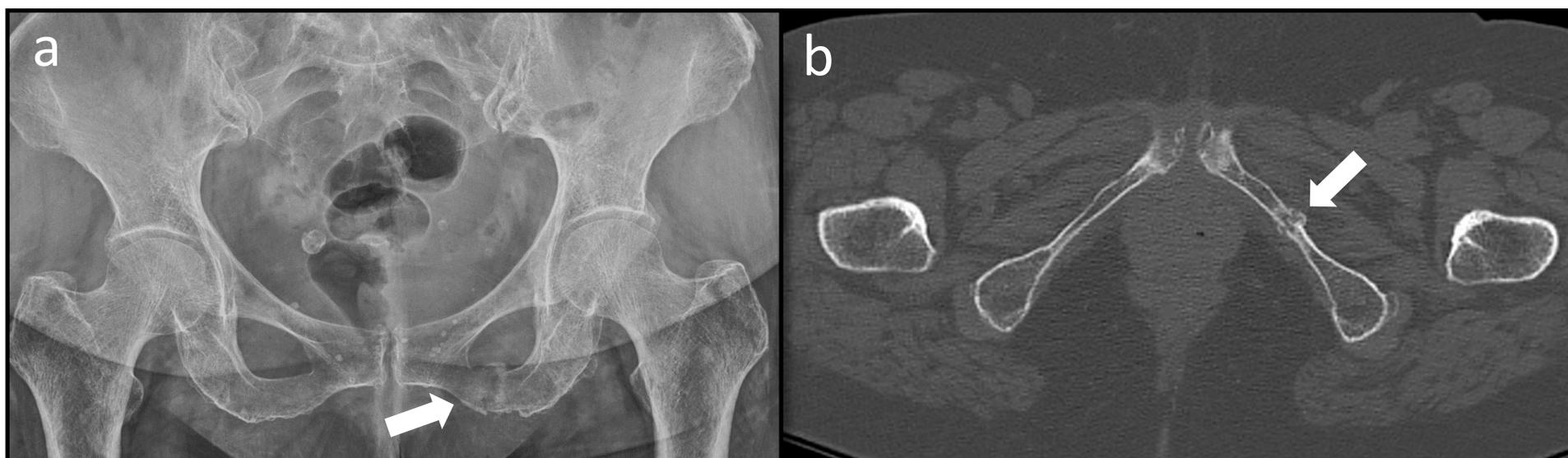


Figura 21. RX (a) y TC (b) de pelvis. Fractura de rama isquiopúbica izquierda con callo de fractura en formación (flechas) en paciente tratada con radioterapia.



Para atribuir una fractura por insuficiencia a los efectos de la RT, tiene que estar **dentro del área irradiada**. Ante la duda consultar con el oncólogo/a radioterapeuta.

Figura 22. TC de tórax, axial. Fracturas bilaterales en tercios proximales de ambas clavículas, en paciente tratada con radioterapia.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas atípicas

Las fracturas atípicas ocurren típicamente en la cortical lateral de la diáfisis femoral (fuerza de tensión) que puede llegar a combar la angulación diafisiaria del fémur.

- En pacientes con toma prolongada de fármacos supresores del recambio óseo: **bifosfonatos y denosumab.**
- Desequilibrio en remodelado cortical (supresión de osteoclastos)
- Definición de imagen según la *American Society for Bone and Mineral Research* (ASBMR) en 2013

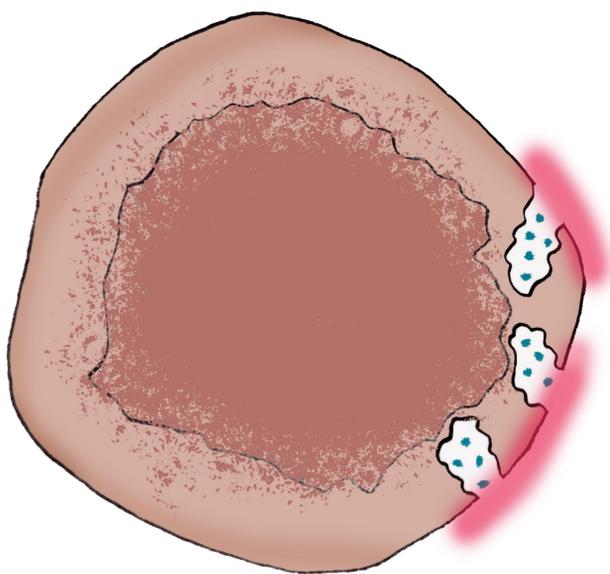


Figura 23. Ilustración esquemática de creación de cavidades óseas por activación osteoclástica



Figura 24. RX de fémur AP. Engrosamiento de cortical lateral de la diáfisis femoral, en cuyo interior se demuestra línea radioluciente (*flecha negra*) en relación a fractura atípica en paciente en tratamiento con bifosfonatos.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas atípicas

DEFINICIÓN DE LA ASBMR

Localización	<ul style="list-style-type: none"> • Distal al trocánter mayor. • Proximal a la cresta supracondílea.
Criterios Mayores	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de trauma o mínimo trauma. • Principalmente transversa (Las fracturas completas pueden adquirir una dirección oblicua). • Afectación de la cortical lateral (Si afecta a la cortical medial por extensión, el signo de la "astilla medial" es visible). • Sin conminución o mínima conminución. • Engrosamiento perióstico o endóstico ("pico endóstico").
Criterios Menores	<ul style="list-style-type: none"> • Engrosamiento generalizado de la diáfisis femoral. • Fracturas femorales bilaterales • Síntomas prodrómicos. • Cura retardada de la fractura.
Criterios de Exclusión	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas de cuello femoral o intertrocanteréas con extensión subtrocanterica espiral. • Fracturas periprotésicas. • Fracturas asociadas a tumores y enfermedades óseas.

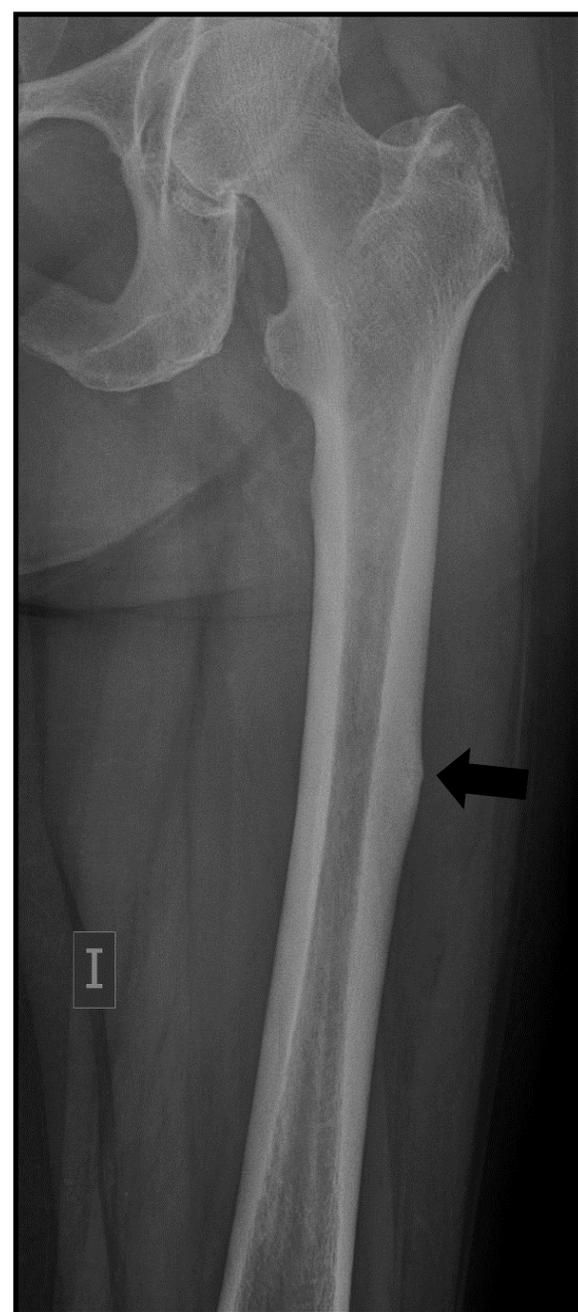


Figura 25. RX de fémur AP. Trazo de fractura transversa en cortical lateral de diáfisis femoral con engrosamiento perióstico compatible con fractura atípica (flecha).

Tabla 2. Resumen de la definición de fractura atípica según la ASBMR.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas atípicas



Figura 26. TC de fémur derecho. Engrosamiento de cortical lateral de diáfisis femoral, observando línea hipodensa en su interior en contexto de fractura atípica (*flecha*).



Figura 27. RX de fémur AP. Fractura completa de diáfisis femoral con desplazamiento anteroposterior y acabalgamiento de los fragmentos. Asocia engrosamiento de cortical lateral (*flecha*) como indicio de que como origen se trata de una fractura atípica avanzada.



Figura 28. RX de fémur AP. Fractura completa de trazo parcialmente oblicuo, observando engrosamiento de cortical lateral con engrosamiento endóstico, signo de "pico endóstico" (*flecha*), que indica que se trata de una fractura atípica avanzada.



Figura 29. Gammagrafía para el estudio de bilateralidad.

Ante el diagnóstico de esta fractura es **NECESARIO** realizar un **cribado de la pierna contralateral** ya que hasta un 44% de los pacientes presentan patología bilateral.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas atípicas

TRATAMIENTO

El tratamiento quirúrgico se basa principalmente en el **riesgo de progresión**.

- **Conservador**: incompleta con mínima clínica.
 - Detener el tratamiento anti-resortivo.
 - Suplemento Ca y vitD, formadores de hueso (teriparatida).
- **Cirugía**: clavo endomedular. En pacientes con **riesgo de progresión**:
 - Línea radioluciente cortical.
 - Localización subtrocantérea.
 - Deformidad o arqueamiento del fémur.
 - Fractura contralateral o previa.
 - Ausencia de curación tras control por imagen estrecho.
 - Tratamiento largo con bifosfonatos, corticoides o IBP.
 - Dolor de muslo o ingle.

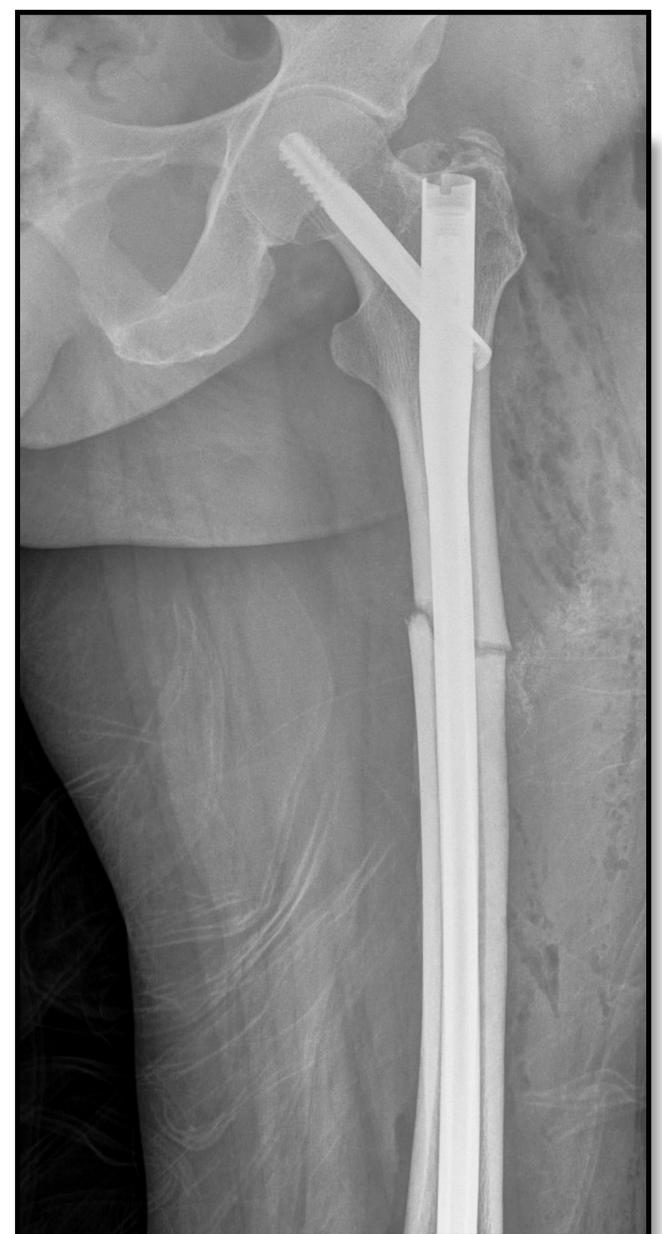


Figura 30. RX de fémur AP. Fractura atípica tratada quirúrgicamente con clavo medular encerrojado.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas patológicas

Fracturas debidas al crecimiento de una neoplasia maligna o benigna que altera el ciclo de remodelado óseo.

Es importante diferenciarlas, para evitar retrasos diagnósticos y empeoramiento del pronóstico.

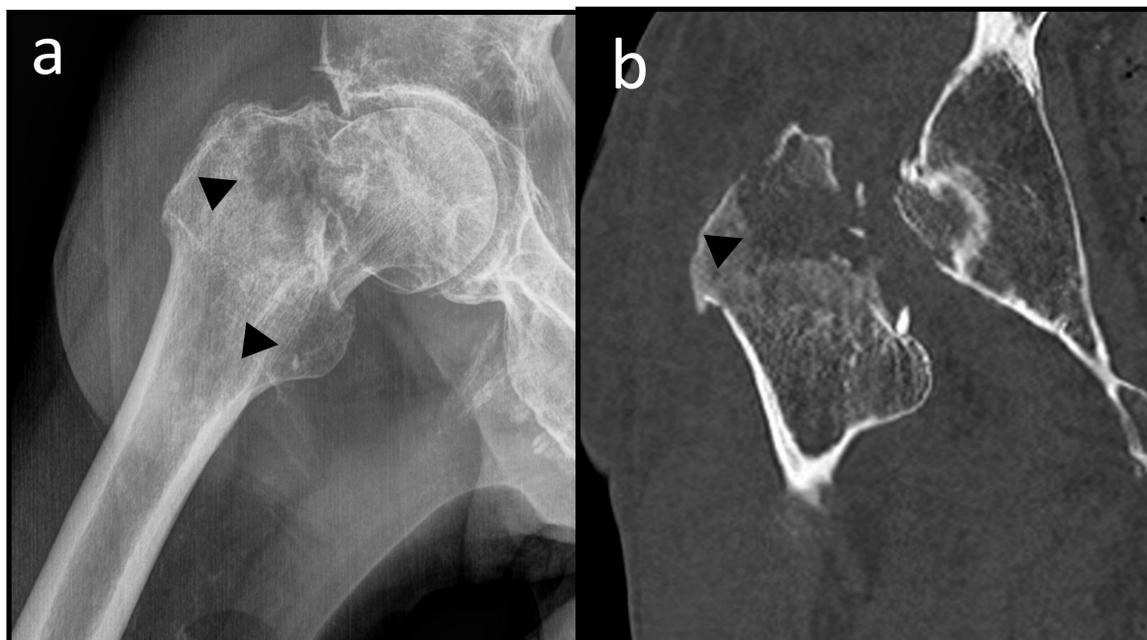


Figura 31. RX (a) y TC (b) de cadera. Fractura de cadera derecha. Lesiones líticas en trocánteres femorales (*puntas de flecha*), que resultaron ser metástasis de un tumor vesical.

Las 3 localizaciones más frecuentes:

- Fémur: región subtrocantérea
- Húmero: unión cabeza-metáfisis
- Somas vertebrales

Las **fracturas de avulsión en el trocánter menor** deben considerarse patológicas hasta que se demuestre lo contrario.



Figura 32. TC de cadera. Fractura avulsión de trocánter menor de fémur derecho (*flecha blanca*), debido a masa de partes blandas en crecimiento correspondiente a una metástasis de carcinoma pulmonar.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas patológicas

HALLAZGOS RADIOLÓGICOS

- RX fundamental en el diagnóstico de tumores óseos.
- TC define mejor el trazo de fractura y la afectación cortical
- La RM define mejor la afectación de partes blandas y la infiltración de la médula ósea. Clave: **borde definido y homogeneidad** de señal de médula ósea en secuencias potenciadas en T1.
- **En fracturas vertebrales:** ausencia de signo de vacío, abombamiento de muro posterior, afectación pedículo, masa paravertebral >10 mm

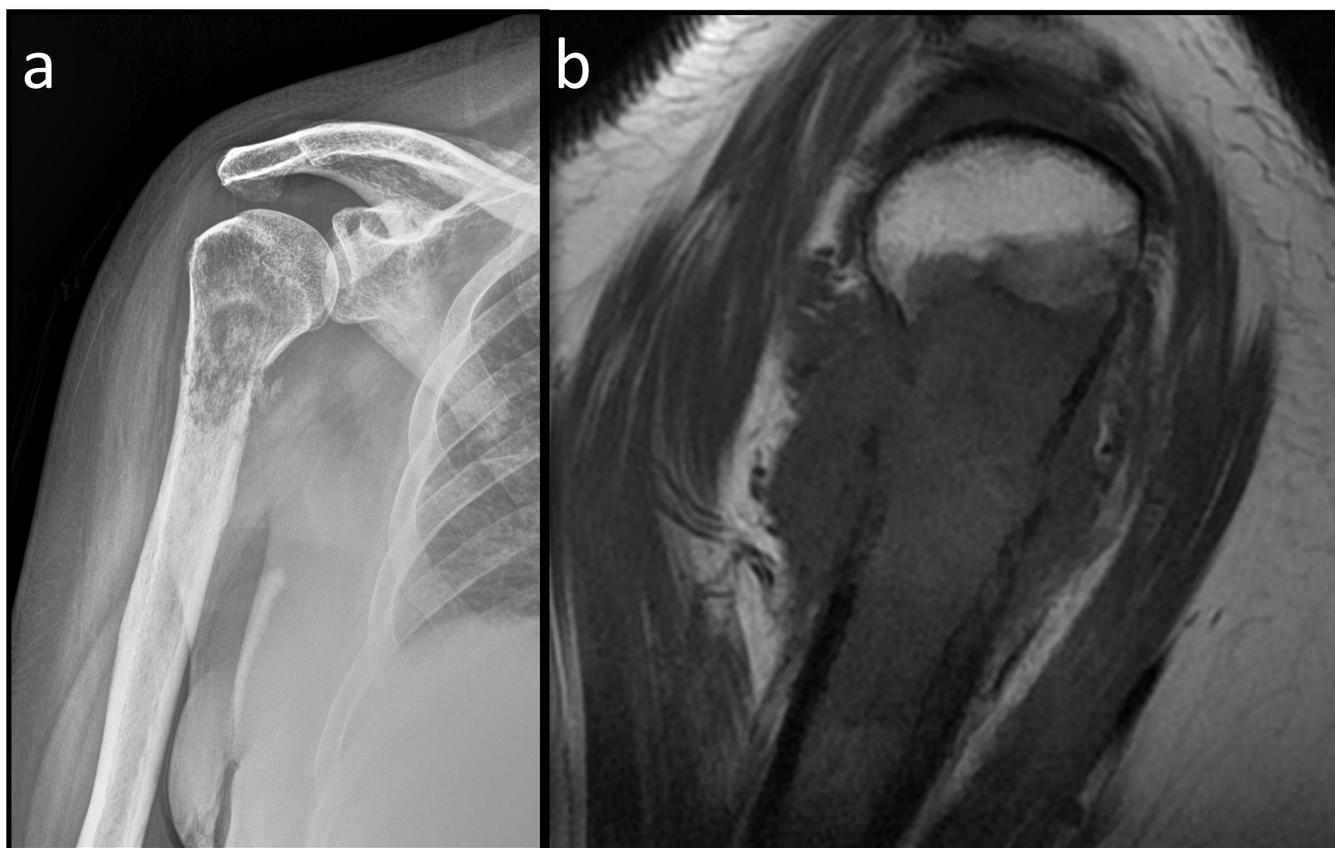


Figura 33. (a) RX de hombro AP . Fractura de diáfisis proximal de hombro, evidenciando patrón permeativo, aumento de densidad intramedular e importante reacción perióstica. (b) RM humeral del mismo paciente en, secuencia T1 sagital. Masa de partes blandas con destrucción de la cortical y fractura patológica.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas patológicas

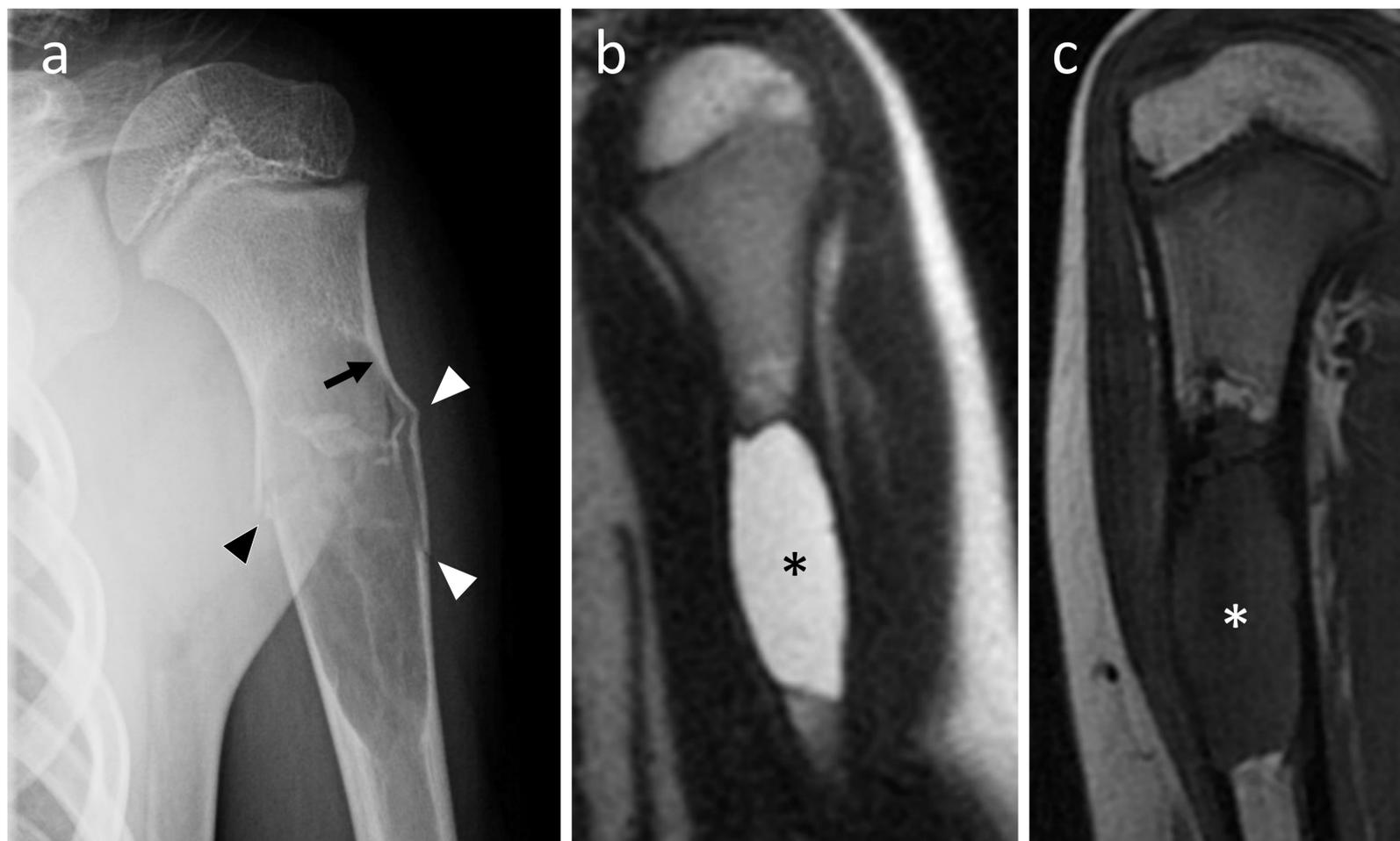


Figura 34. (a) RX de húmero proximal AP. Lesión lítica central en húmero proximal, bien definida, con leve expansión y adelgazamiento cortical sugestiva de quiste simple (*flecha*). Asocia varios trazos de fractura patológica (*punta de flecha*), con algún fragmento óseo dentro de la cavidad. (b, c) RM de brazo izquierdo, imágenes potenciadas en T2 coronal, y en T1 sagital. Lesión lítica única de contenido líquido homogéneo (*asterisco*).

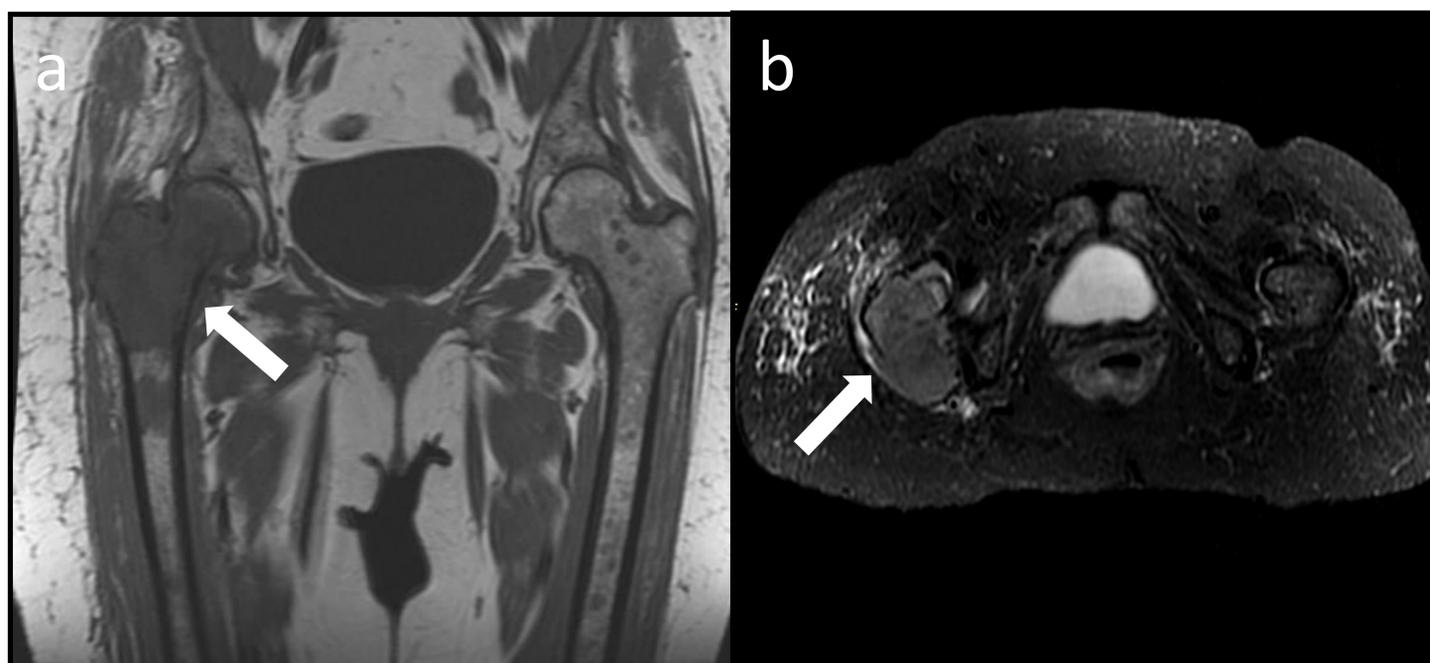


Figura 35. RM de pelvis, secuencia T1 coronal (a) y STIR axial (b). Masa de partes blandas en femur proximal, hipointensa en T1 de márgenes bien definidos y de señal intermedia en STIR (*flechas blancas*), en paciente diagnosticado de leucemia mieloide crónica con fractura patológica asociada.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas patológicas



Figura 36. RX de mano. Lesiones líticas en falanges de 2º y 3º dedo, de bordes bien definidos, alguna con matriz condroide, compatibles con encondromas. Destaca la fractura en vertiente distal la falange proximal del 2º dedo (flecha blanca).



Figura 37. RX de húmero. Lesión lítica de márgenes mal definidos, erosión cortical, reacción perióstica y fractura patológica (flecha blanca) en paciente con neoplasia renal.



Figura 38. RX de antebrazo AP (a), TC de antebrazo (b) y reconstrucción 3DVR (c). Paciente pediátrico con lesión lítica que insufla y adelgaza la cortical, con trazo de fractura, correspondiendo a fractura patológica sobre quiste óseo aneurismático.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas patológicas

CRITERIOS DE MIRELS

- Valoran los factores de **riesgo de fractura patológica** en pacientes con lesiones óseas neoplásicas subyacentes.
- Se tiene en cuenta la localización de la lesión, la matriz, la presencia o no de dolor y el tamaño.

TRATAMIENTO SEGÚN PUNTUACIÓN

- **7 o menor:** Se recomienda tratamiento conservador
- **= 8:** Se recomienda discutir el caso individualmente
- **9 o mayor:** Se recomienda cirugía profiláctica
- *Se valora también la opción quirúrgica en pacientes con lesiones que abarcan más del 50% del diámetro transversal del hueso, mayores de 2,5 cm, cuando incluyen el trocánter menor y en pacientes con dolor después de RT*

Puntuación	Localización	Dolor	Matriz	Tamaño*
1	Miembro superior	Leve	Blástico	-1/3
2	Miembro inferior	Moderado	Mixto	1/3-2/3
3	Pertrocantérica	Funcional	Lítico	+2/3

Tabla 3. Resumen de los criterios de Mirels para la cuantificación del riesgo de aparición de una fractura patológica con una lesión subyacente.

*El tamaño se refiere a la fracción de diámetro transversal del hueso.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas patológicas



Figura 39. RX de fémur AP (a). Fractura patológica diafisaria por caída casual en paciente con cáncer de mama y metástasis. En b) RX tras cirugía mediante clavo intramedular encerrojado con formación de callo de fractura incipiente.



Figura 40. RX de fémur AP (a). Lesiones líticas en paciente diagnosticado de leucemia mieloide crónica. MIRELS de 8. En b) mismo paciente con fractura patológica en la misma localización.

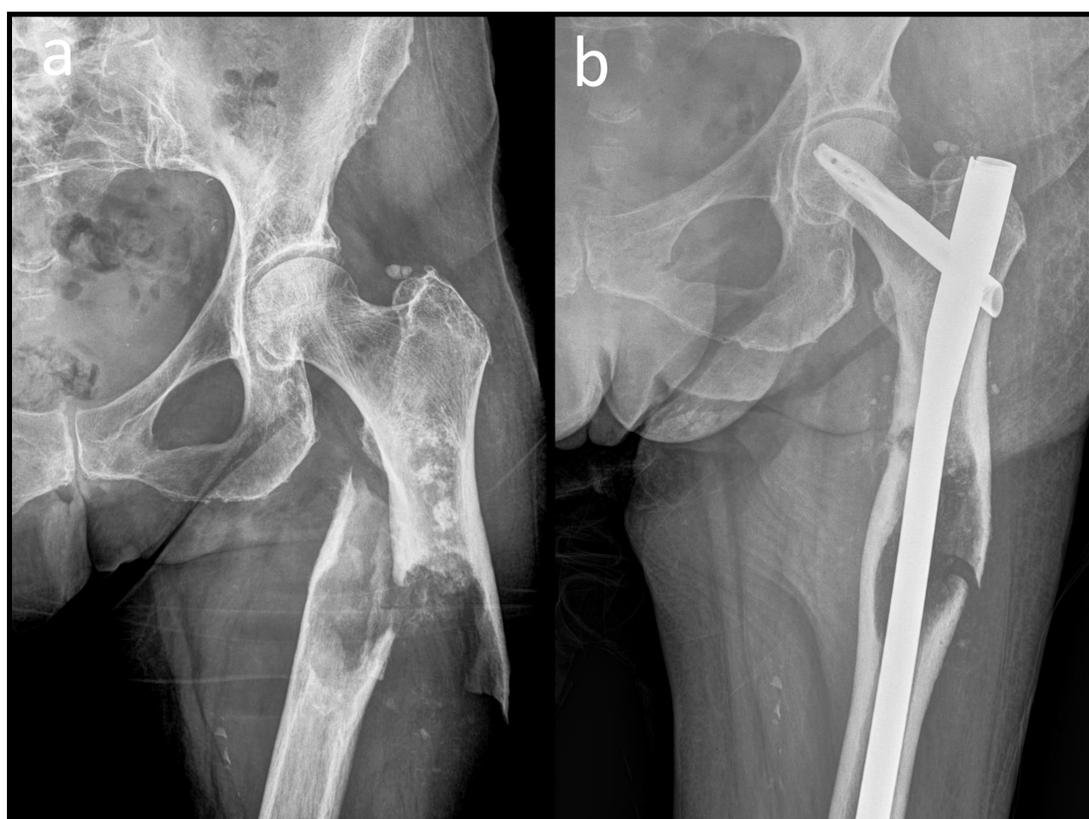


Figura 41. RX de cadera AP (a). Fractura patológica diafisaria de femur izquierdo por lesión lítica con matriz condroide, diagnosticado de condrosarcoma. En b) reparación de fractura mediante clavo intramedular encerrojado.



Figura 42. RX AP de tobillo. Fractura patológica tibial. Lesión lítica bien definida sugestiva de fibroma no osificante.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas patológicas

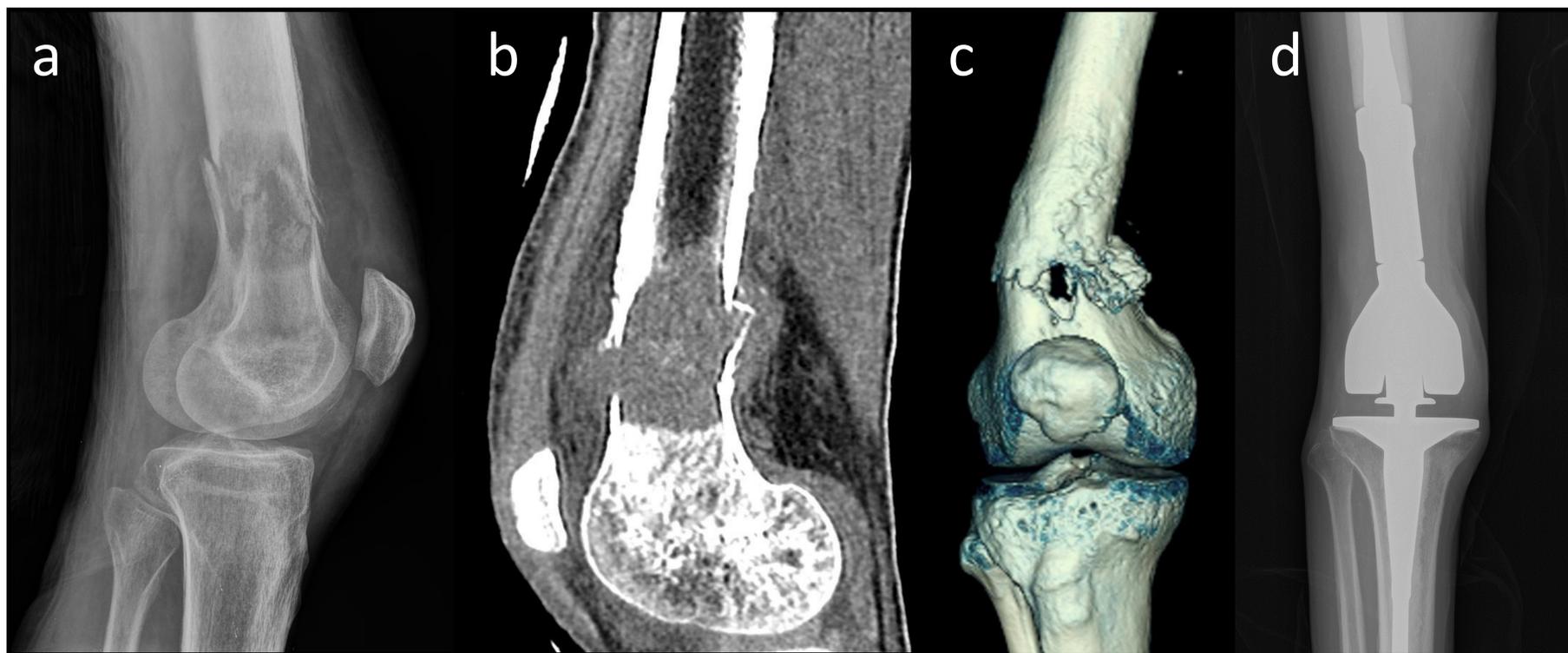


Figura 43. RX de rodilla lateral (a), TC sagital (b), reconstrucción 3DVR (c) y RX post-cirugía (d) de paciente con metástasis de adenocarcinoma pulmonar y fractura patológica.



Figura 44. RX de húmero AP (a), TC en reconstrucción de hueso (b) y de partes blandas (c) y RX tras cirugía, de paciente con metástasis de adenocarcinoma de colon con fractura patológica.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas patológicas

SPINE INESTABILITY NEOPLASTIC SCORE (ESCALA SINS)

Puntúa la estabilidad de la columna en pacientes con enfermedad metastásica y la necesidad o no de intervención quirúrgica.

- **0-6** Columna estables sin necesidad de intervención quirúrgica.
- **7-12** Columna potencialmente inestable (valorar por Neurocirugía).
- **13-18** Columna inestable con necesidad de intervención quirúrgica.

Componente	SCORE	
<u>Localización</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Columna transicional (O-C2, C7-T2, T11-L1, L5-S1) • Columna Móvil (C3-C6, L2-L4) • Columna Semirrígida (T3-T10) • Columna Rígida (S2-S5) 	3 2 1 0
<u>Dolor mecánico</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Si • No • Nunca 	3 2 1
<u>Lesión ósea</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Lítica • Mixta • Blástica 	2 1 0
<u>Alineación espinal</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Subluxación/Traslación • Deformidad (Cifosis/Escoliosis) • Normal 	4 2 0
<u>Colapso vertebral</u>	<ul style="list-style-type: none"> • >50% de colapso del cuerpo vertebral. • <50% de colapso del cuerpo vertebral. • Sin colapso pero con afectación de >50% del cuerpo vertebral. • Nada 	3 2 1 0
<u>Compromiso de elementos posterolaterales</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Bilateral • Unilateral • Nada 	3 1 0

Tabla 4. Resumen de la escala SINS.

REVISIÓN DEL TEMA

Fracturas patológicas

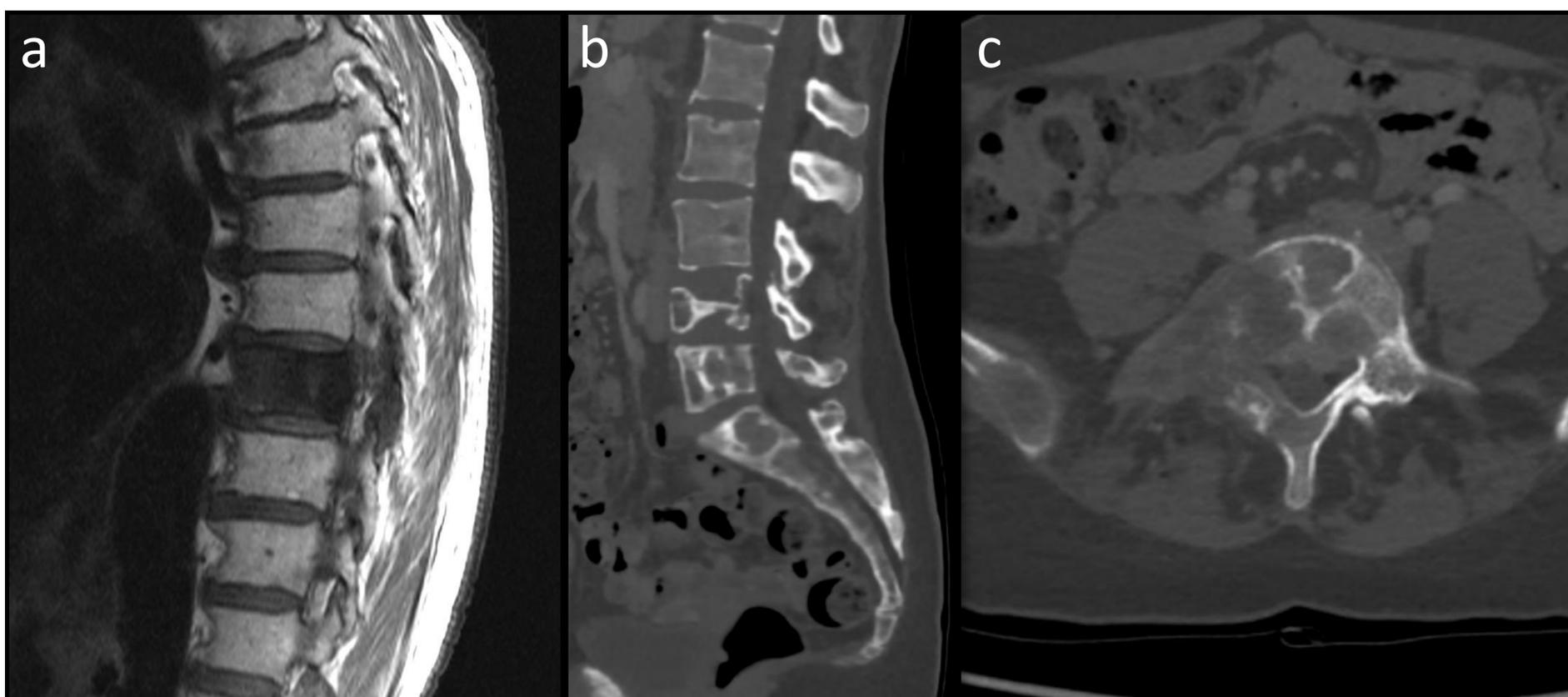


Figura 45. (a,b,c) RM potenciada en T1 en plano sagital y TC en plano sagital y axial de 3 pacientes con enfermedad metastásica en columna vertebral. a) Lesión en soma vertebral torácico con ligero abombamiento de muro posterior y afectación de elementos posteriores, sin dolor (SINS 6). b) Múltiples lesiones líticas en columna lumbosacra, con colapso total de soma de L4 (*flecha blanca*) y leve anterolistésis (SINS 14). c) Masa de partes blandas que erosiona el soma de L5, el pedículo unilateral e invade el conducto espinal (*cabeza de flecha*). Metástasis en iliaco derecho.

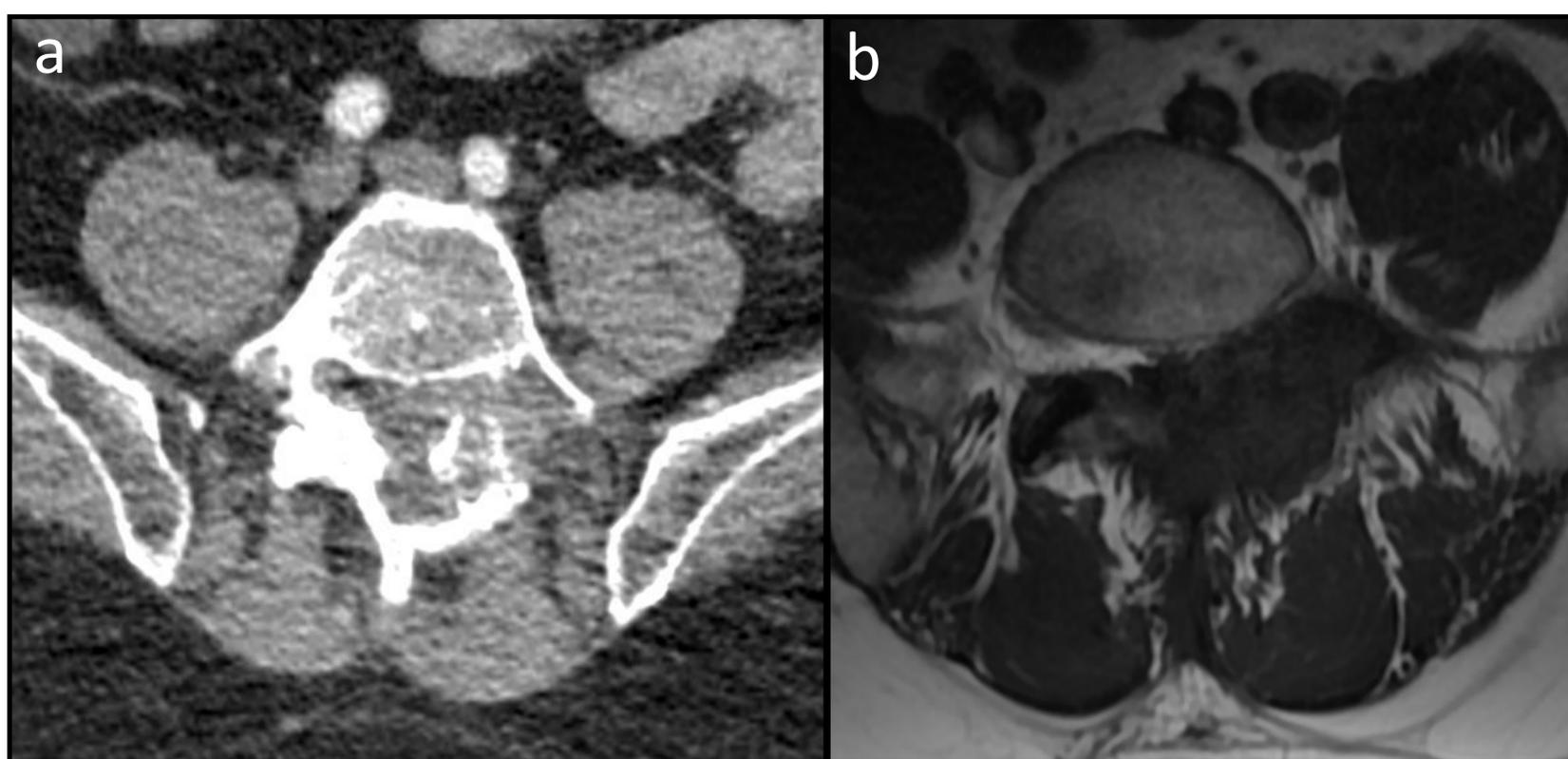


Figura 46. (a,b) TC pelvico y RM lumbar potenciada en secuencia T1, axial. Lesión lítica con masa de partes blandas en pedículo izquierdo de L5 que destruye la cortical e invade el conducto espinal, con compromiso para las raíces adyacentes.

CONCLUSIÓN

Las fracturas atraumáticas son menos frecuentes y conocidas, por lo que pueden pasar desapercibidas. Saber identificarlas y conocer su mecanismo es fundamental para su correcto diagnóstico y para realizar un informe radiológico orientado a ayudar en el manejo terapéutico.

BIBLIOGRAFÍA

1. DeWeber K. Overview of stress fractures. En: UpToDate, Grayzel J (Ed), UpToDate.
2. Fox S, Spiess M, Hnenny L, Fourny Daryl R. Spinal Instability Neoplastic Score (SINS): Reliability Among Spine Fellows and Resident Physicians in Orthopedic Surgery and Neurosurgery. *Global Spine Journal* 2017;7:744–8. <https://doi.org/10.1177/2192568217697691>.
3. Jawad MU, Scully SP. In Brief: Classifications in Brief: Mirels' Classification: Metastatic Disease in Long Bones and Impending Pathologic Fracture. *Clinical Orthopaedics & Related Research* 2010;468:2825–7. <https://doi.org/10.1007/s11999-010-1326-4>.
4. Marshall RA, Mandell JC, Weaver MJ, Ferrone M, Sodickson A, Khurana B. Imaging Features and Management of Stress, Atypical, and Pathologic Fractures. *RadioGraphics* 2018;38:2173–92. <https://doi.org/10.1148/rg.2018180073>.
5. Matcuk GR, Mahanty SR, Skalski MR, Patel DB, White EA, Gottsegen CJ. Stress fractures: pathophysiology, clinical presentation, imaging features, and treatment options. *Emerg Radiol* 2016;23:365–75. <https://doi.org/10.1007/s10140-016-1390-5>.
6. Rosenberg ZS, La Rocca Vieira R, Chan SS, Babb J, Akyol Y, Rybak LD, et al. Bisphosphonate-Related Complete Atypical Subtrochanteric Femoral Fractures: Diagnostic Utility of Radiography. *American Journal of Roentgenology* 2011;197:954–60. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.6262>.
7. Shane E, Burr D, Ebeling PR, Abrahamsen B, Adler RA, Brown TD, et al. Atypical subtrochanteric and diaphyseal femoral fractures: Report of a task force of the American Society for Bone and Mineral Research. *Journal of Bone and Mineral Research* 2010;25:2267–94. <https://doi.org/10.1002/jbmr.253>.
8. Sociedad Española de Radiología Médica SERAM, Luis Del Cura Rodríguez J, Gayete Cara Á. *Radiología Esencial*. 2. ed. 2018. E-book.