



## RM de la médula ósea pediátrica: de la cabeza a los pies.

Sara I Sirvent Cerdá, Inés Solís Muñiz, Elena García Esparza, Gustavo Albi Rodríguez, Teresa Cañas Maciá, Olga Suárez Traba, Isabel Rozas Gómez, Pedro Borrego Jiménez, Miguel Angel López Pino

Hospital Infantil Universitario Niño Jesús, Madrid.



## Objetivos docentes:

- Revisar la composición y fisiología de la médula ósea (m.ó.) en el paciente pediátrico.
- Mostrar las secuencias de Resonancia Magnética (RM) útiles en la valoración de la m.ó. y los principales patrones según la edad del paciente.
- Ilustrar los hallazgos en RM de la patología de la m.ó. pediátrica y su diagnóstico diferencial.



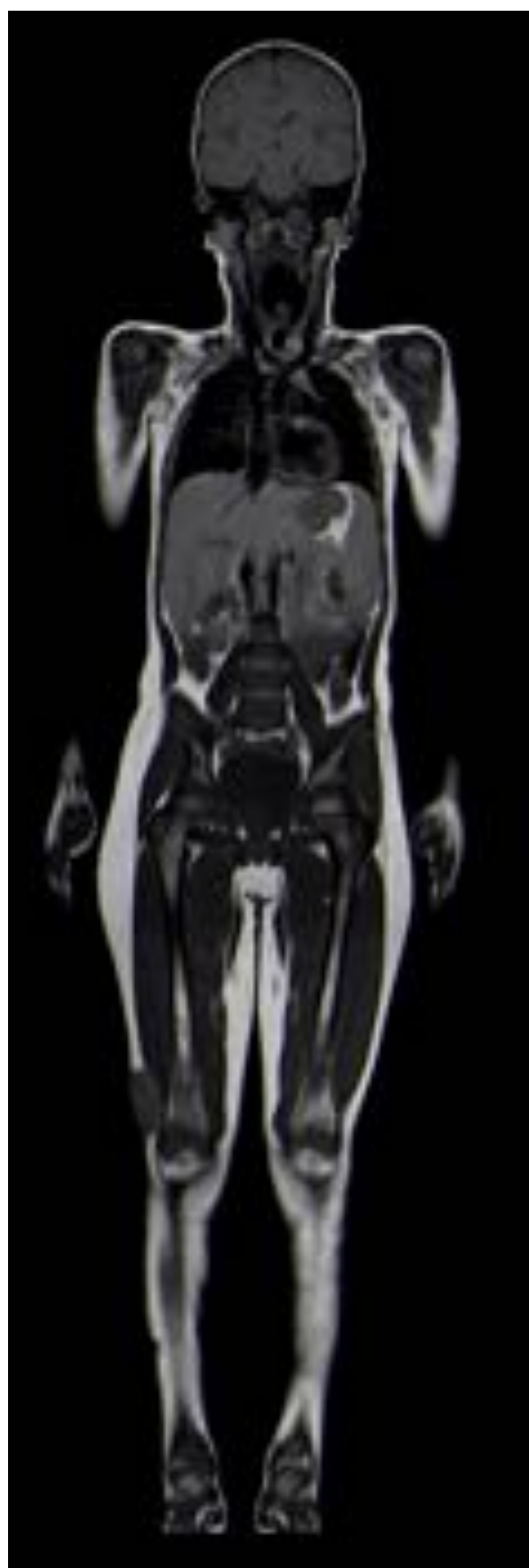
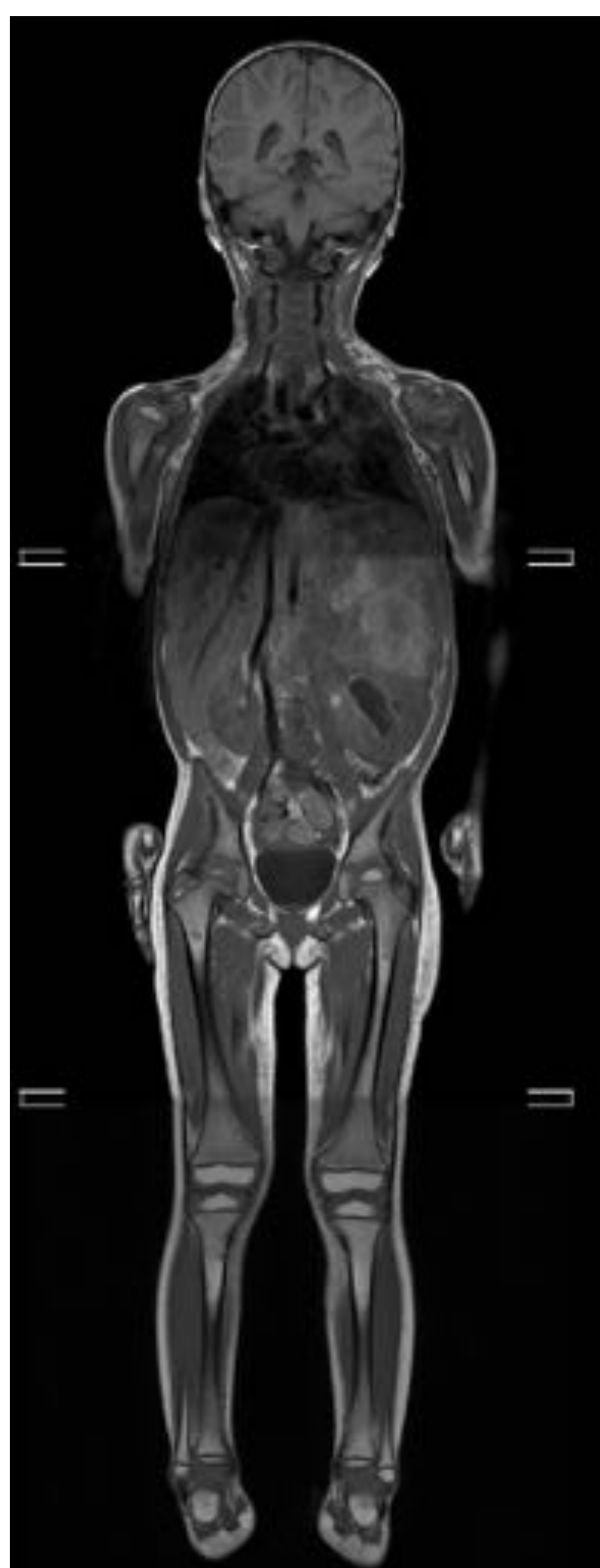
## Revisión del tema:

- Introducción:

La médula ósea (m.ó.) es uno de los órganos más extensos del cuerpo humano y está presente en la mayoría de los estudios de RM, por lo que el radiólogo debe conocer su comportamiento en imagen para poder identificar correctamente sus alteraciones.

Por otro lado, la médula ósea es un órgano muy dinámico, cuyo comportamiento en RM se modifica de manera muy importante durante su desarrollo y maduración en la edad pediátrica y además, también puede modificarse ante diferentes situaciones que requieran aumento de la hematopoyesis y en diferentes procesos patológicos.

Para comprender las manifestaciones en RM de los diferentes procesos patológicos que afectan a la médula ósea es necesario conocer su composición, fisiología y maduración.

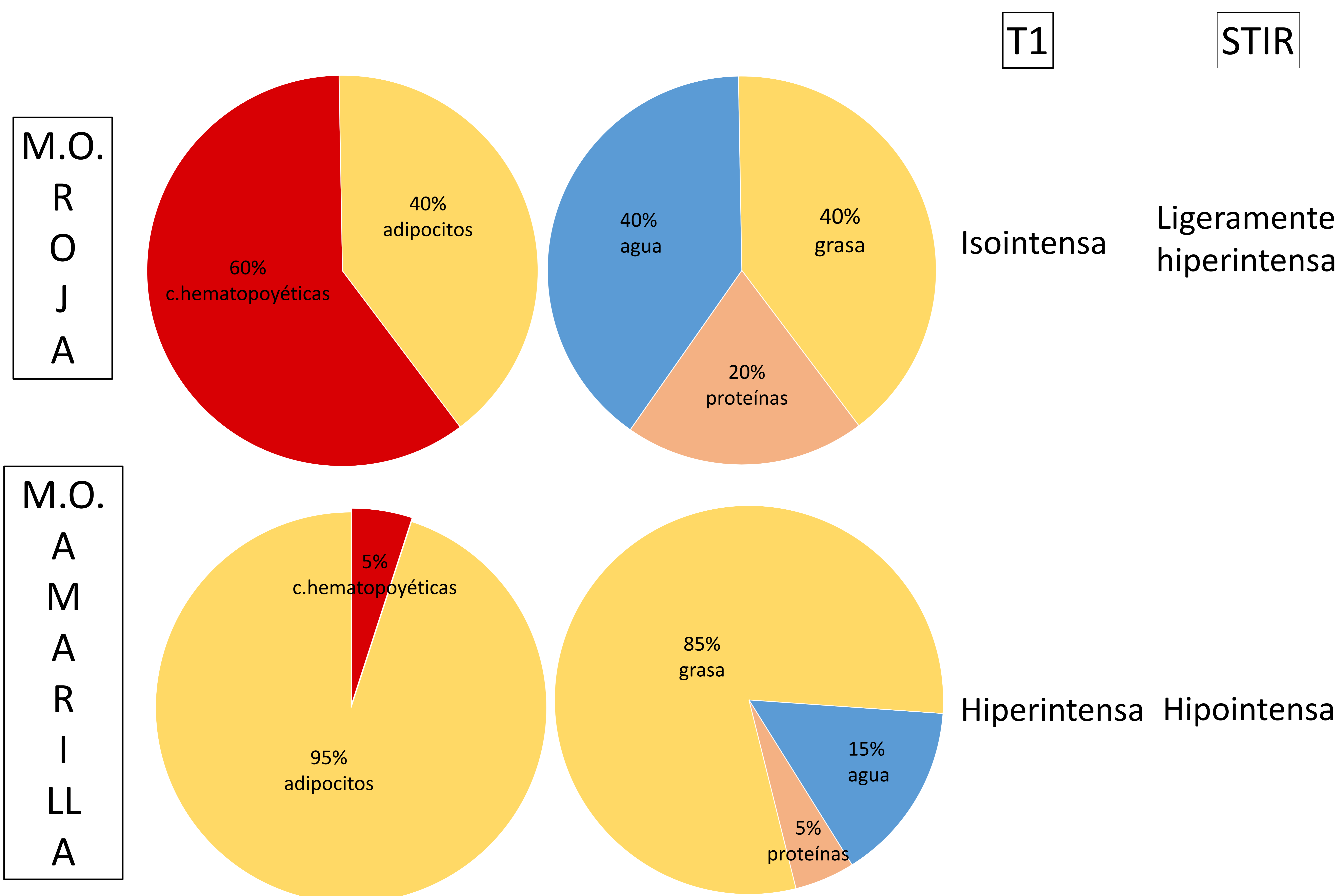


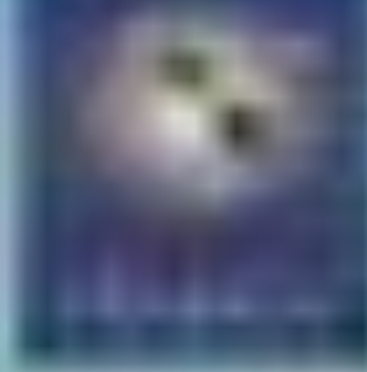


## Composición de la médula ósea

La m.ó. está compuesta por una combinación de médula hematopoyética y médula grasa. La médula hematopoyética es roja debido a su contenido de hemoglobina en los glóbulos rojos y sus precursores y tiene un papel esencial en la hematopoyesis. La médula grasa es amarilla debido a su contenido graso y tiene una función de soporte metabólico para la médula hematopoyética.

Por tanto, la diferente composición de ambas conlleva un comportamiento distinto en la RM.



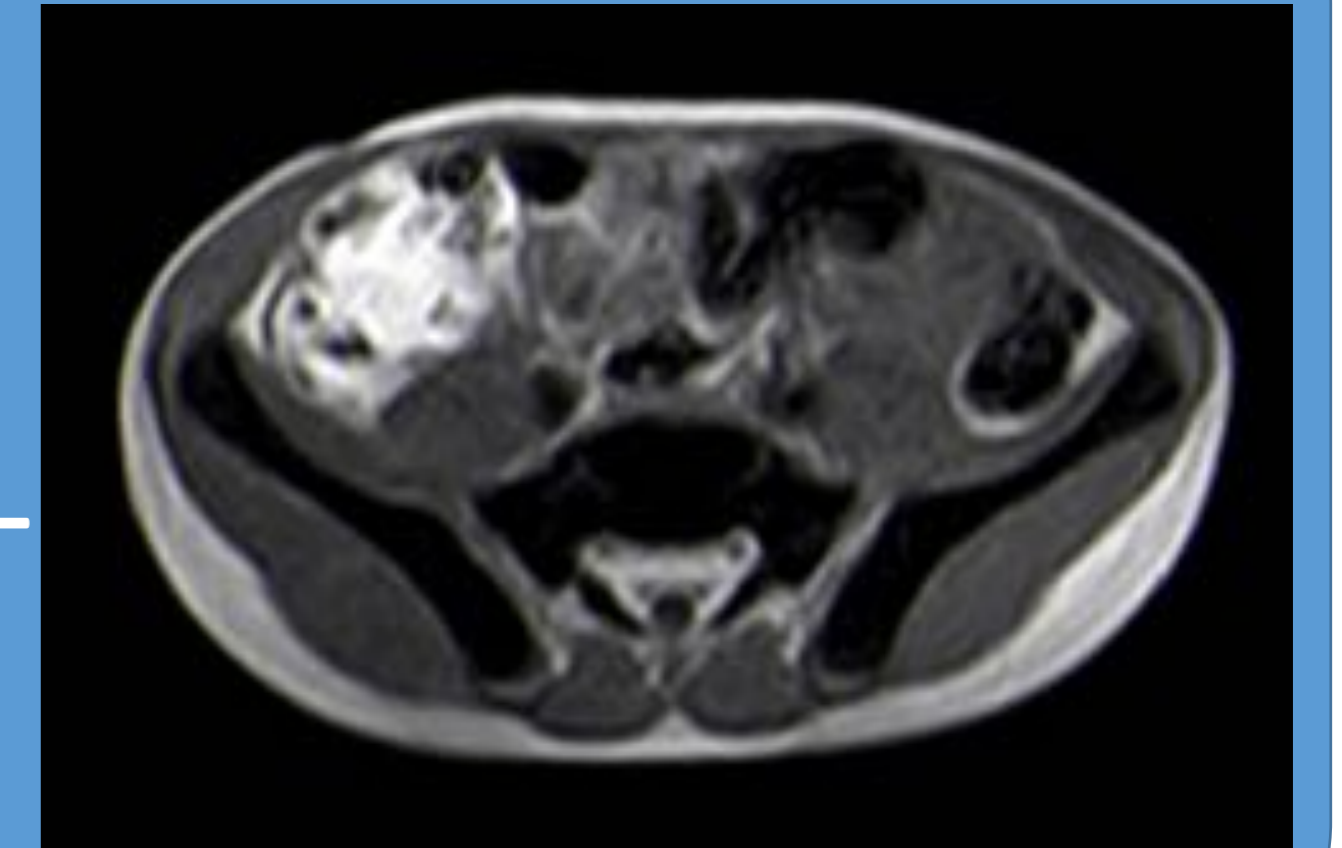


# Comportamiento de la m.ó. en RM

## • SECUENCIAS PORTENCIADAS EN T1:

- Las MAS importantes
- El mejor contraste entre m.ó. roja y m.ó. amarilla
- Son necesarias para comparar la intensidad de señal de la m.ó. con el músculo o los discos intervertebrales como referencia

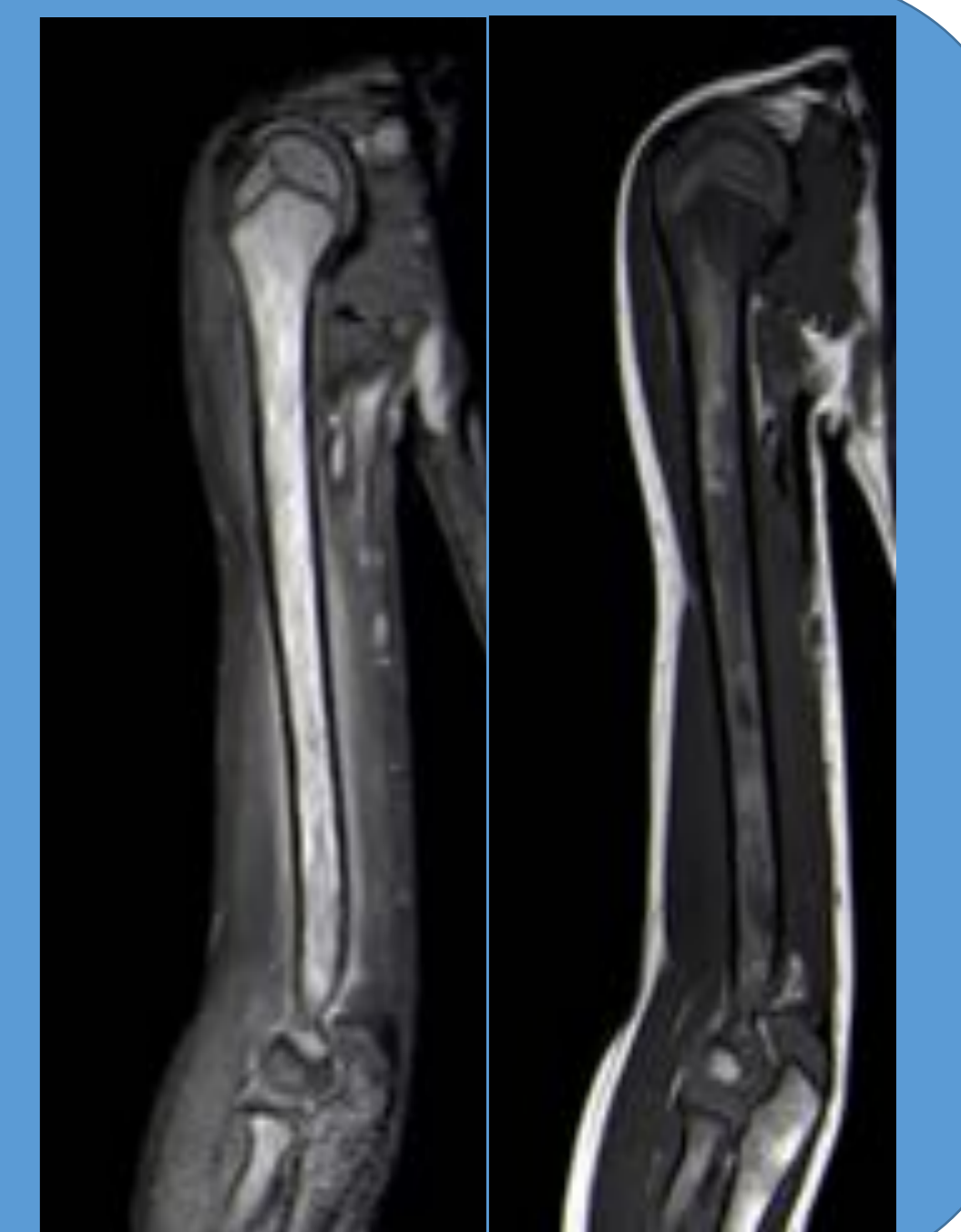
Severa hipointensidad de señal de la m.ó. pélvica y vertebral secundaria a hemosiderosis



## • SECUENCIAS SENSIBLES AL LÍQUIDO:

- Secuencias potenciadas en T2 con supresión de la grasa: peor contraste entre m.ó.roja y m.ó. amarilla, pero mayor sensibilidad para detectar alteraciones
- Ponen de manifiesto el aumento del contenido en agua, como hiperintensidad de señal

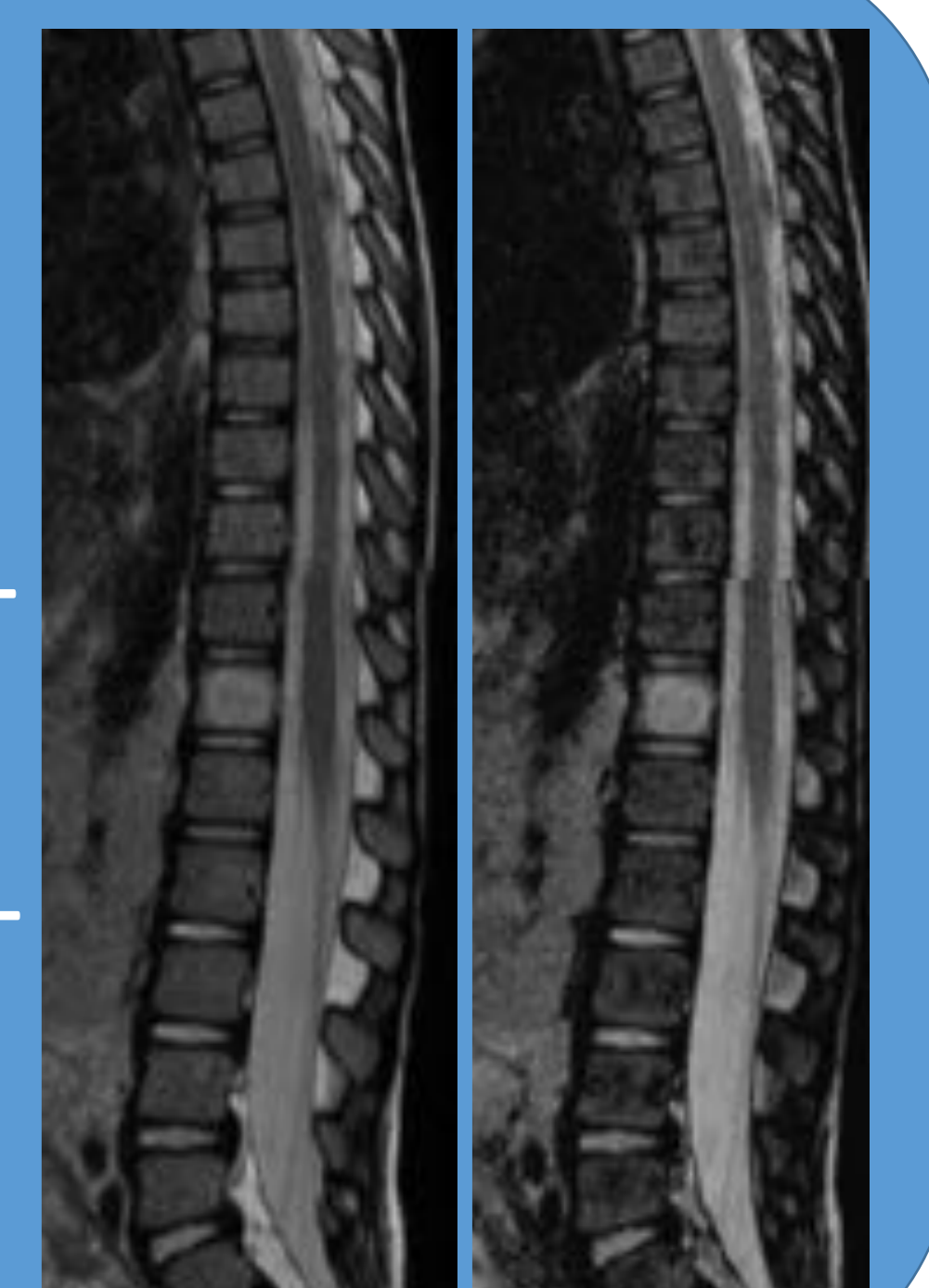
Osteomielitis aguda en paciente con drepanocitosis, la secuencia STIR demuestra la extensión de la lesión humeral



## • SECUENCIAS FUERA DE FASE:

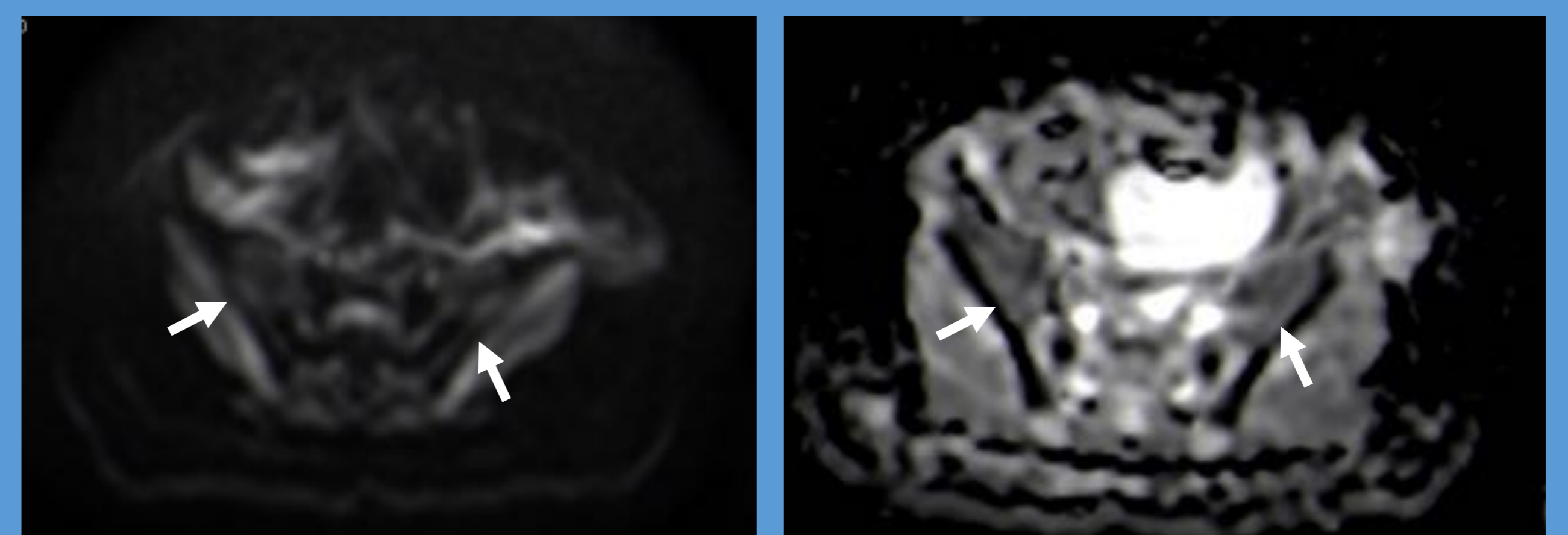
- En fuera de fase los tejidos con contenido graso muestran caída de señal (efecto basado en el desplazamiento químico)
- La m.ó. roja por su contenido graso sufre caída de señal
- Las lesiones que remplazan la m.ó. NO muestran caída en señal

Detalle de RM de columna de paciente de 2 años con neuroblastoma. Presenta una lesión ósea focal vertebral hiperintensa en T2, que no pierde señal en fuera de fase, a diferencia de la m.ó. normal del resto cuerpos vertebrales

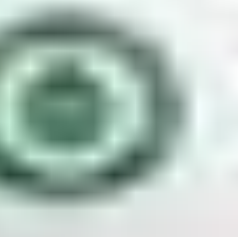


## • SECUENCIAS POTENCIADAS EN DIFUSION:

- Demuestra restricción a la difusión en lesiones con alta celularidad o pus
- LA M.O. ROJA NORMAL MUESTRA RESTRICCIÓN
- En los niños se debe tener especial precaución porque la m.ó. hematopoyética restringe la difusión y puede simular patología



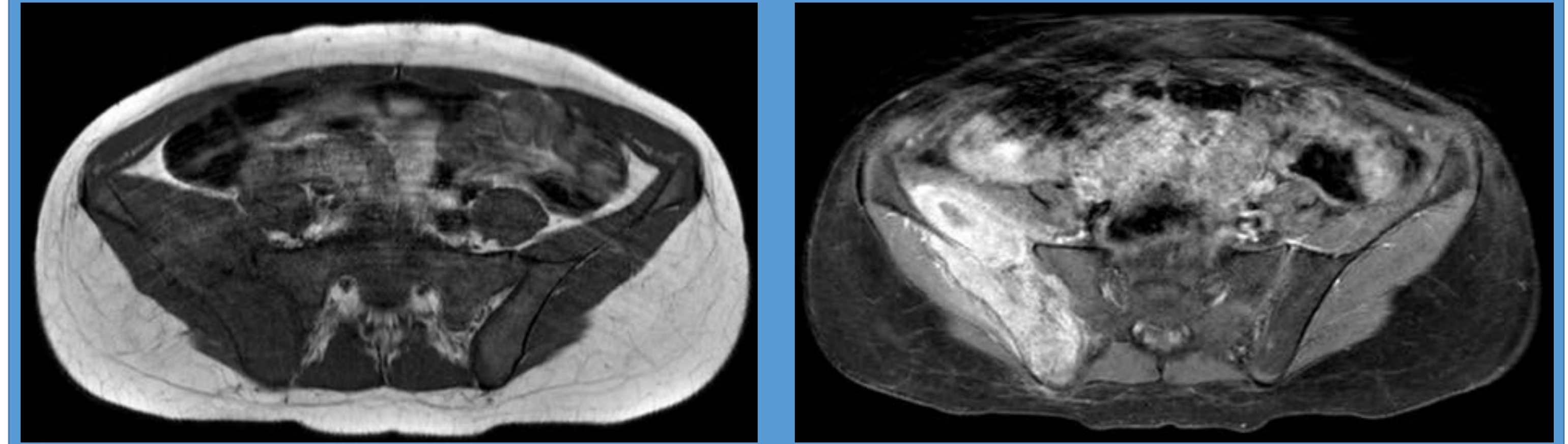
M.O. normal en recién nacido (flechas)



# Comportamiento de la m.ó. en RM

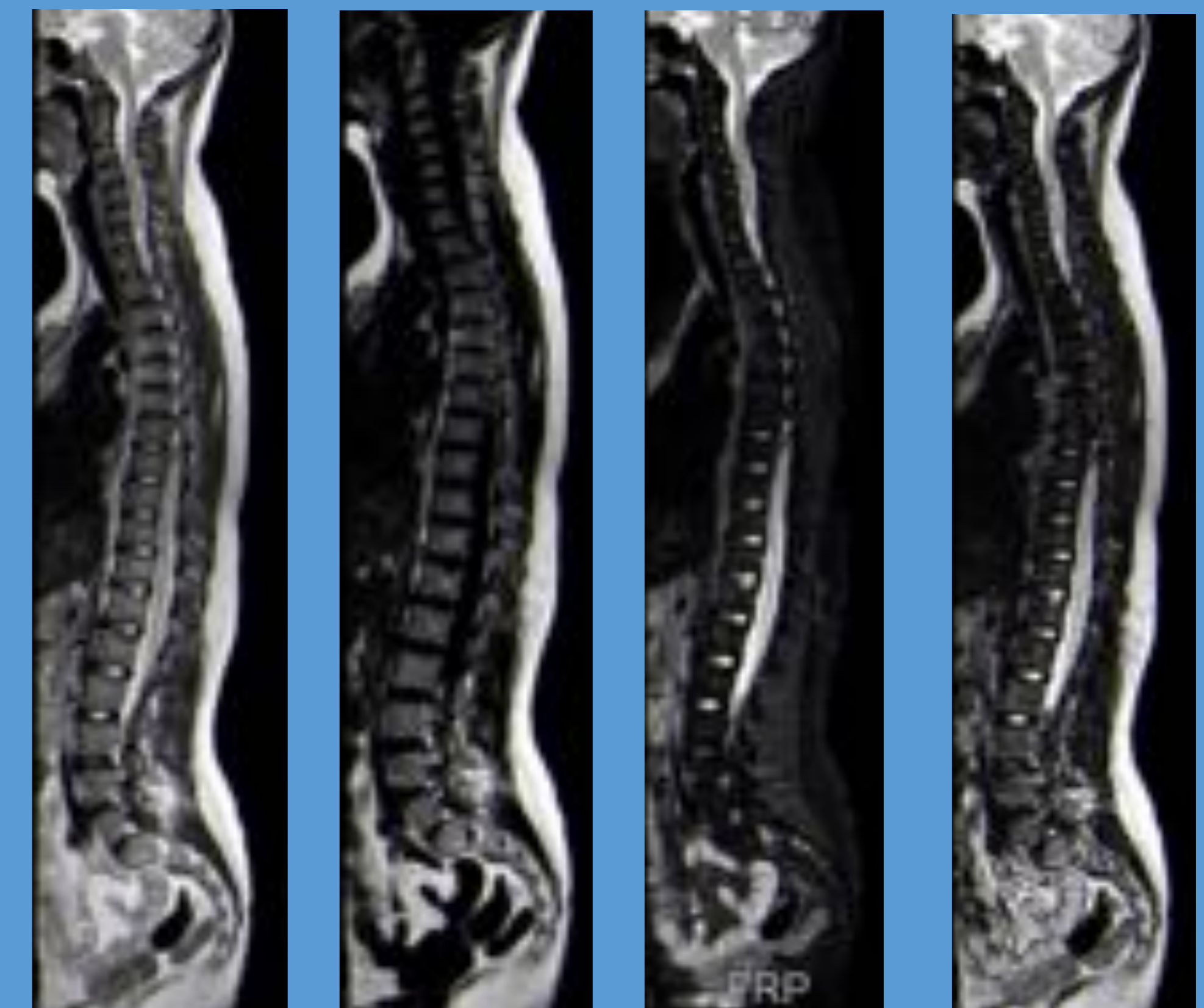
## • SECUENCIAS CON CONTRASTE INTRAVENOSO:

- La m.ó. roja está más vascularizada que la m.ó. amarilla por lo que realza más tras la administración de gadolinio intravenoso.
- Según progresa la conversión de la m.ó. con la edad, disminuye la captación de la m.ó.
- Este comportamiento de la m.ó. hace que la utilidad de las secuencias con gadolinio para detectar patología aumente con la edad al disminuir la captación fisiológica de la m.ó.



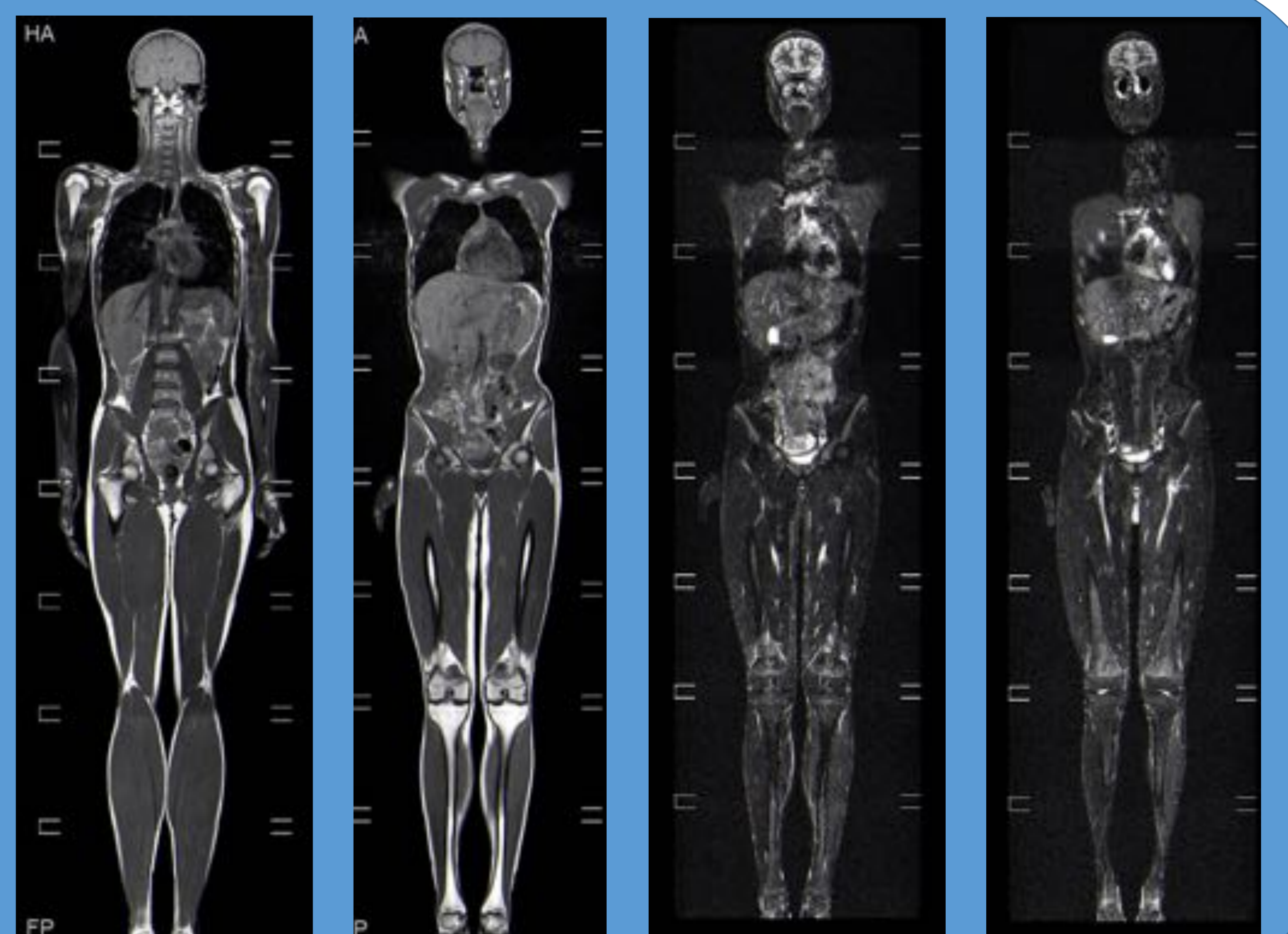
## • SECUENCIAS DIXON:

- Permiten obtener cuatro tipos de imágenes en una única adquisición, son: en fase, supresión de agua, supresión de grasa, fuera de fase.
- Ofrecen mucha más información que es muy valiosa en el estudio de la m.ó.



## • RM DE CUERPO ENTERO:

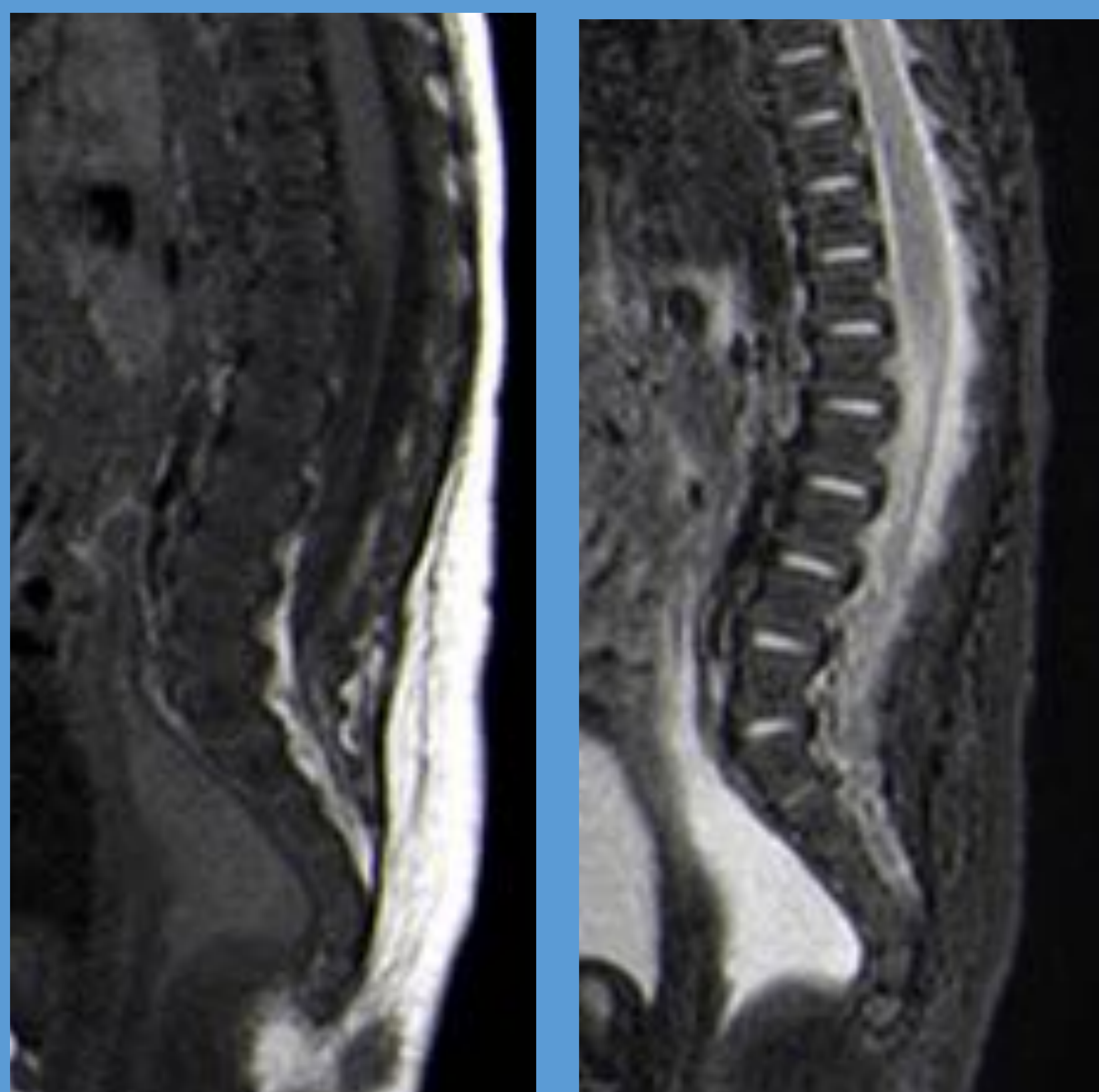
- Muy útil para el estudio de patologías sistémicas o multifocales.
- Protocolo básico: secuencia T1 y STIR en plano coronal.
- Difusión (DWIBS): aumenta la sensibilidad del estudio.
- En casos concretos se puede ampliar con estudio completo de columna, cortes en axial y/o administración de gadolinio





## Conversión de la médula ósea

- La composición de la m.ó. cambia fisiológicamente a lo largo de la vida. De manera muy rápida durante los primeros meses y los primeros años y después más lentamente hasta la edad adulta.
- Durante los primeros meses de vida intrauterina la hematopoyesis se produce en el saco vitelino, en el hígado y el bazo y en el cuarto mes comienza la hematopoyesis en el espacio medular. Aumenta progresivamente, de manera que en el recién nacido la médula ósea es hematopoyética casi completamente.

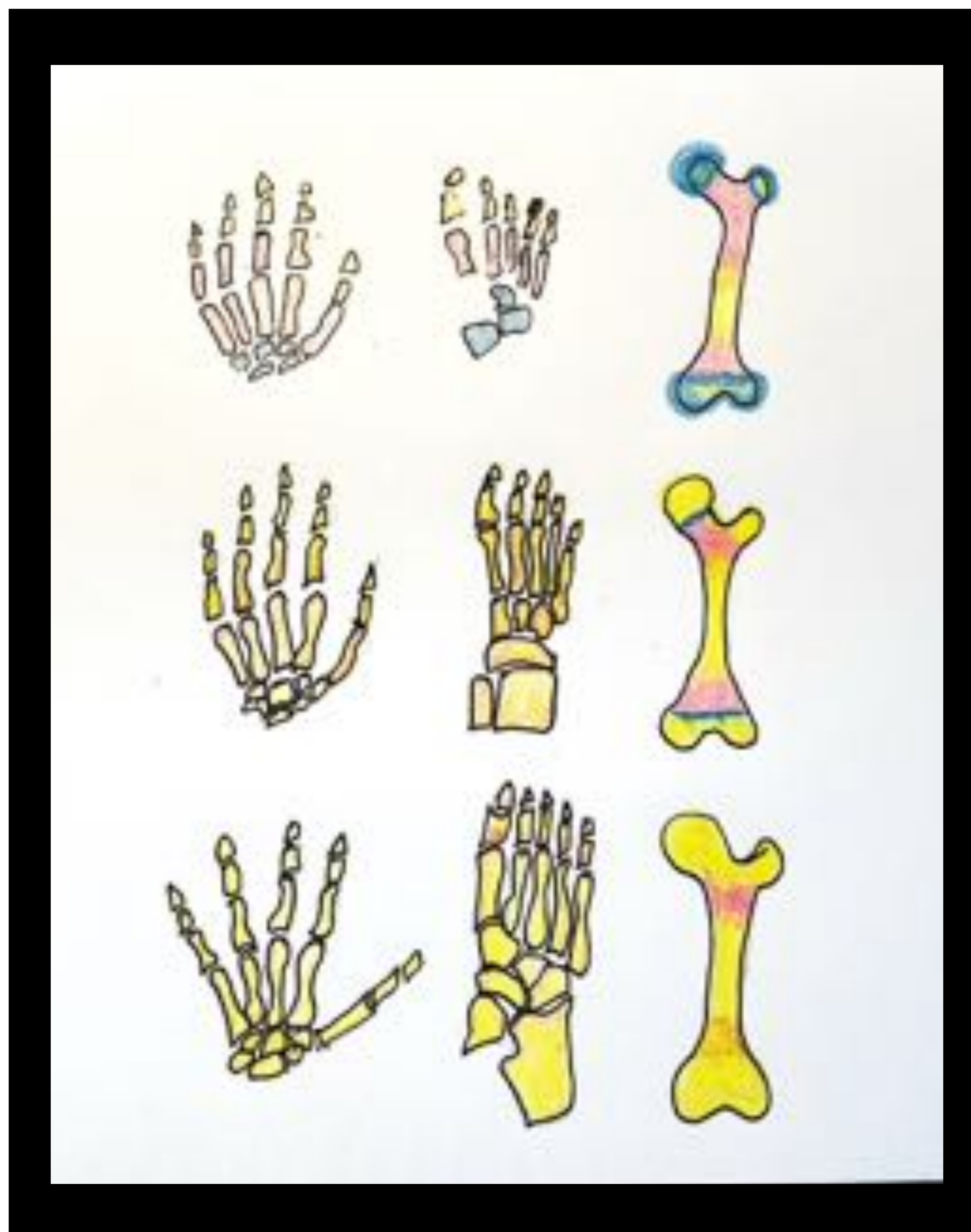


Patrón normal de la m.ó. de columna vertebral en recién nacido de 15 días de vida, mostrando importante hipointensidad de señal en la secuencia potenciada en T1 debido a alto componente hematopoyético

- Durante el primer año de vida empieza la conversión de la médula hematopoyética en médula grasa, siguiendo un patrón conocido y predecible, que termina sobre los 25 años.
- Este patrón es centrípeto, afecta primero al esqueleto apendicular y posteriormente al esqueleto axial.
- Y en los huesos largos también tiene un patrón establecido: se da primero a las epífisis, seguidas por la diáfisis, posteriormente la metáfisis distal y por último, la metáfisis proximal.



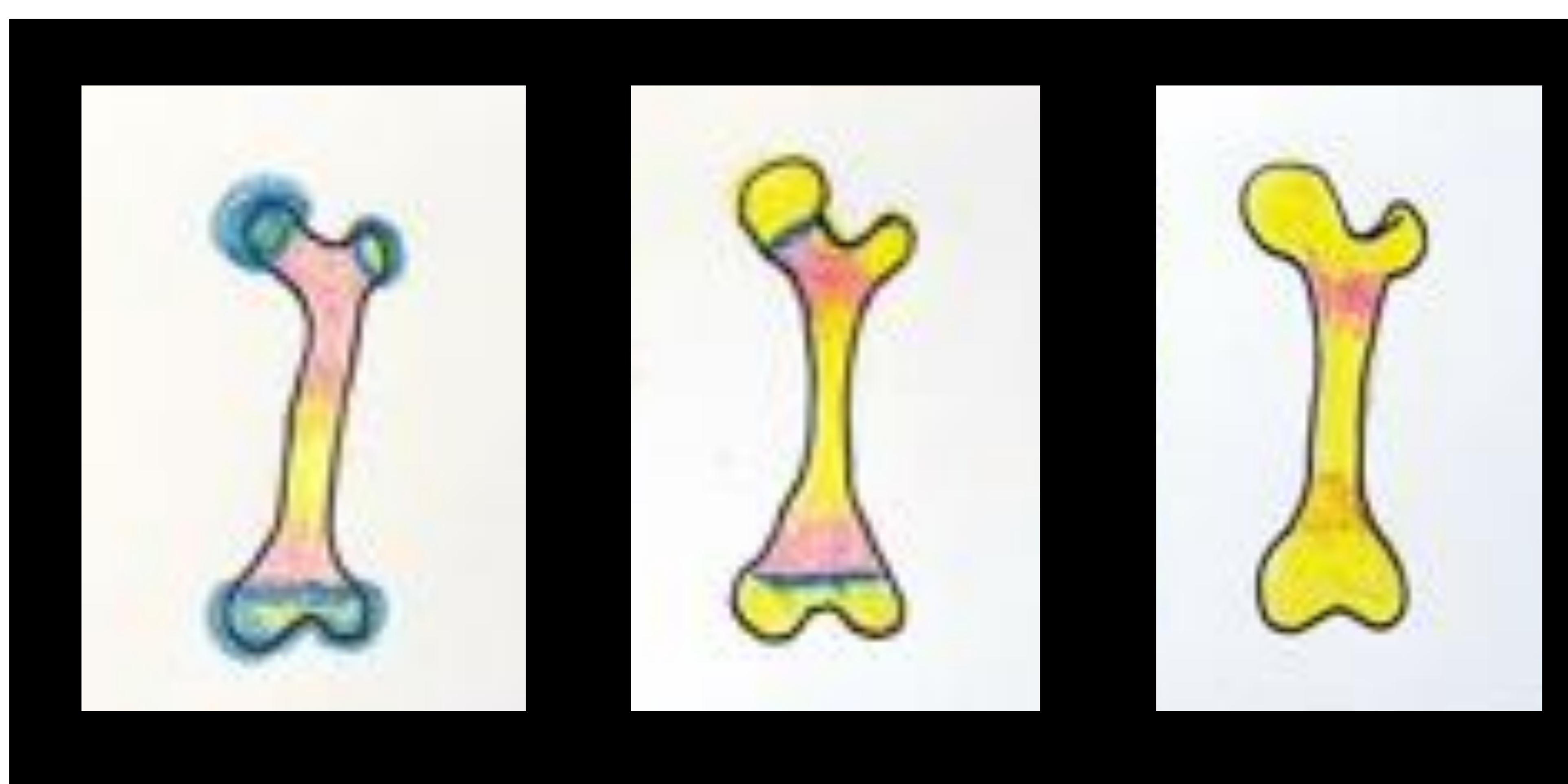
### Esquema de la conversión de la m.ó.



1- 10 años

10- 25 años

> 25 años

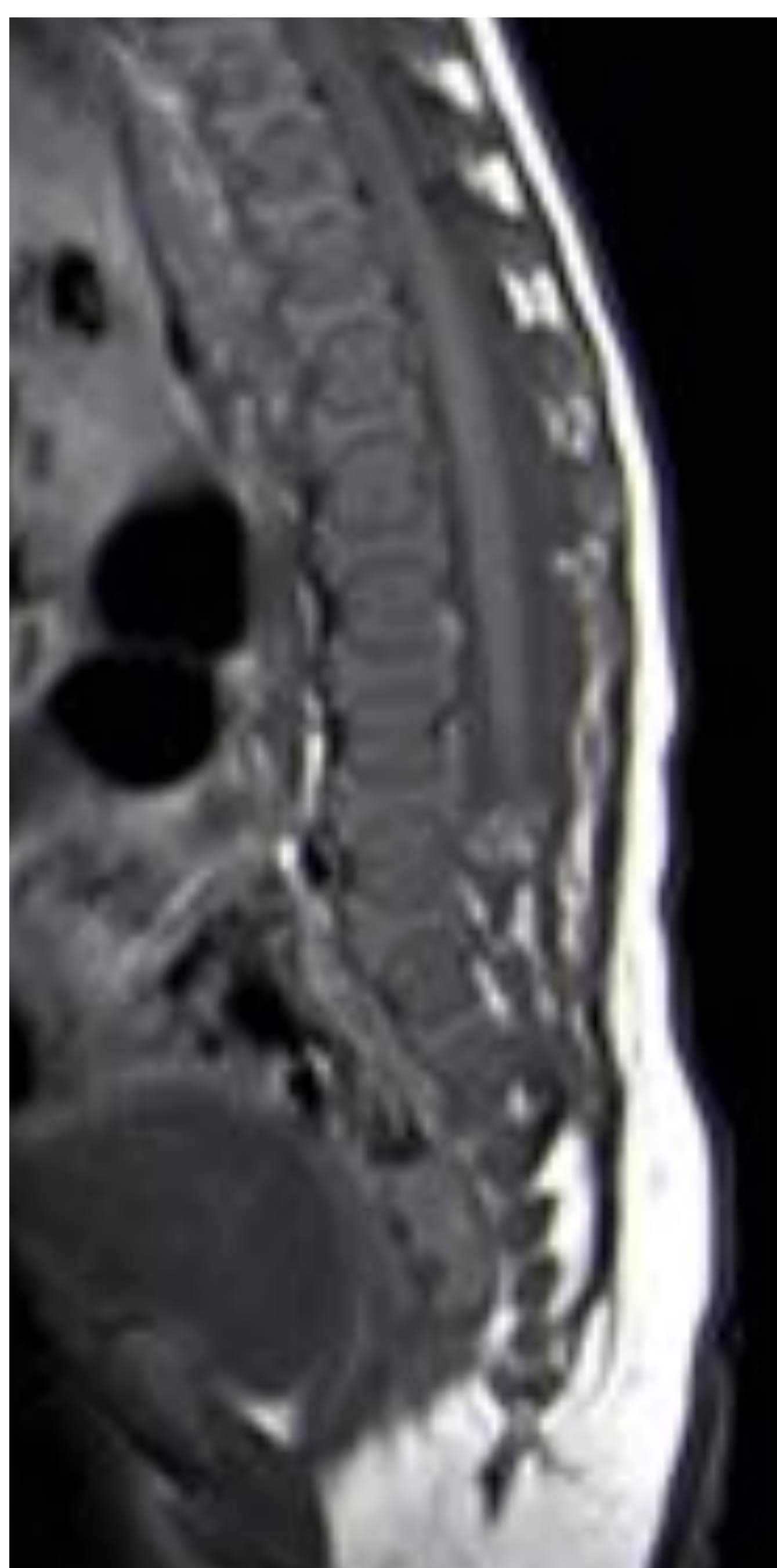






## Conversión de la médula ósea

- Patrón normal de la m.ó. en la columna vertebral



### Recién nacido

Cuerpos vertebrales son hipointensos con respecto a los discos intervertebrales, debido a la m.ó. roja y el hueso trabecular



### 1 año

Cuerpos vertebrales son isointensos con respecto a los discos intervertebrales debido al aumento progresivo de m.ó. amarilla



### 3 años

La m.ó. de los cuerpos vertebrales va aumentando en intensidad de señal progresivamente, debido a la conversión en m.ó. grasa. Empieza alrededor del plexo venoso basivertebral en el centro del cuerpo y se extiende hacia los platillos.

**LA M.O. ES HIPOINTENSA RESPECTO A LOS DISCOS INTERVERTEBRALES UNICAMENTE EN EL PERIODO NEONATAL (hasta el año de vida)**



# Pitfalls en la médula ósea pediátrica

Existen varios hallazgos en la RM de la m.ó. característicos de la edad pediátrica que pueden simular patología.

➤ **Médula roja residual:** es muy frecuente y puede presentarse como:

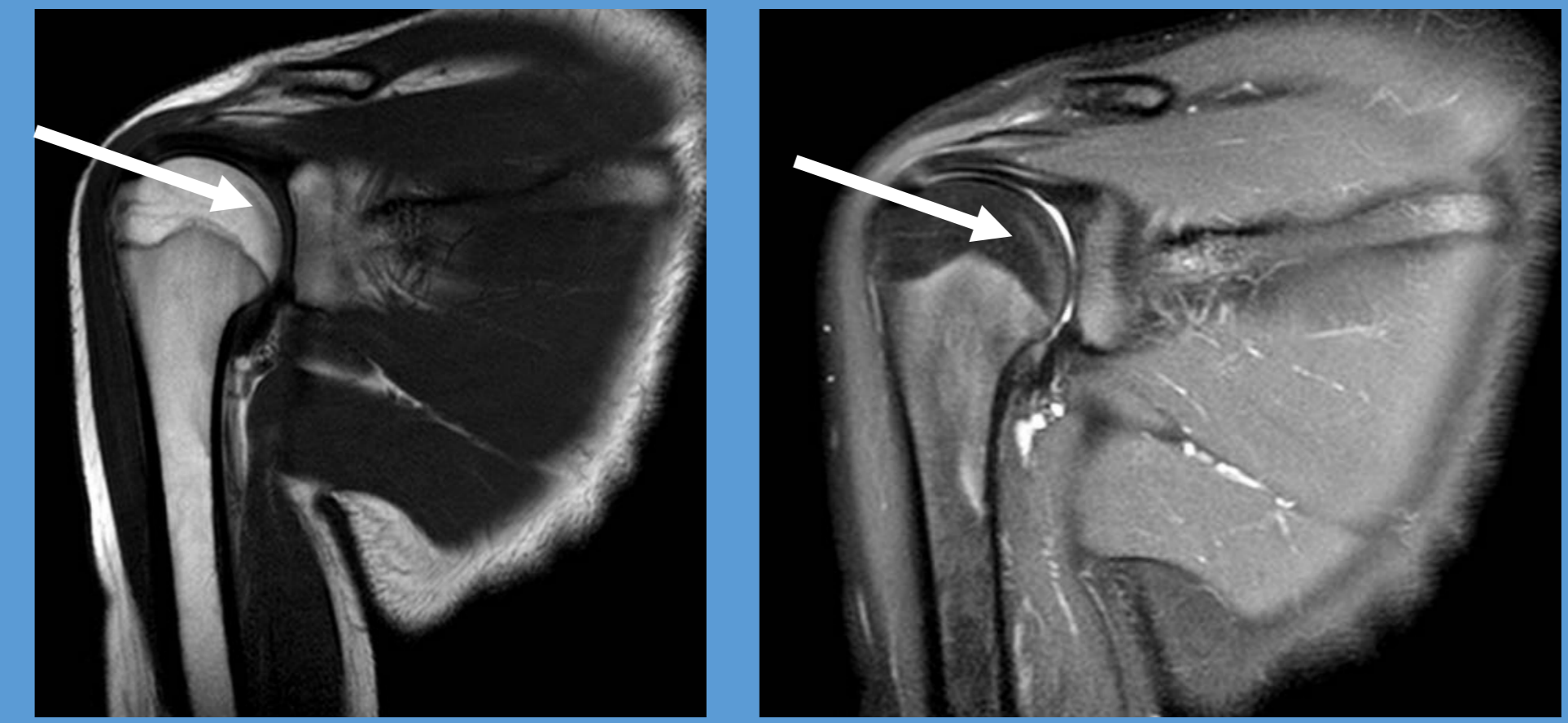
## AREAS GEOGRAFICAS GRANDES



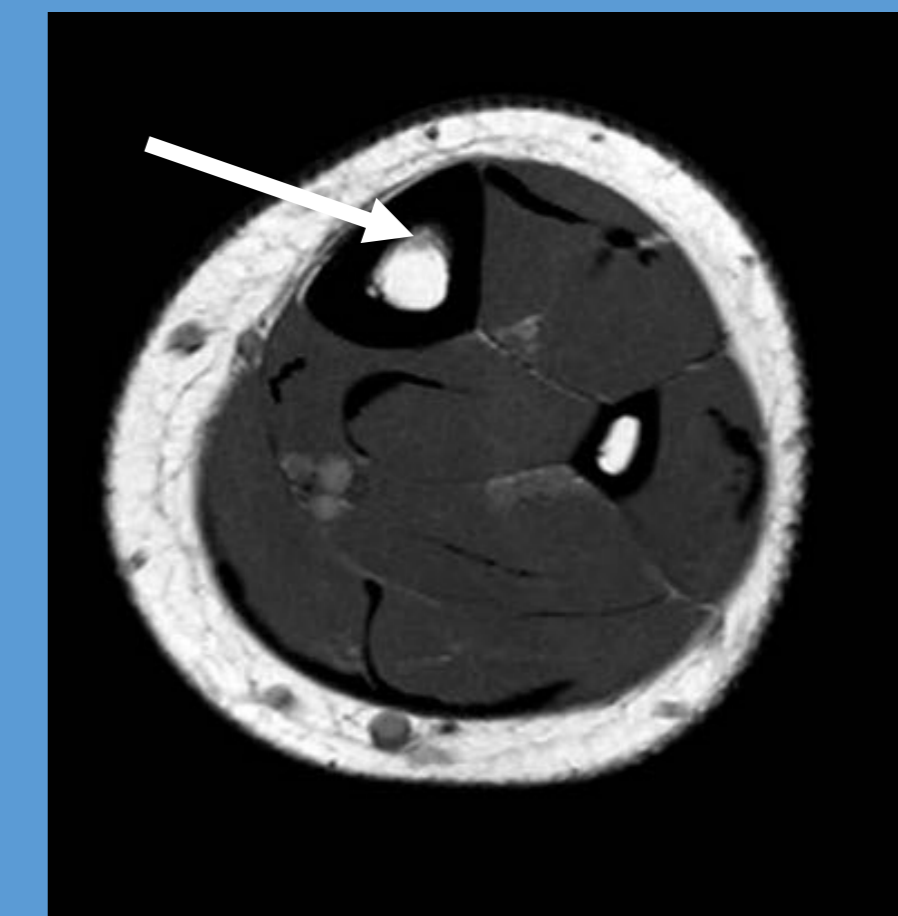
- Metafisarias
- En contacto con el cartílago fisario
- Morfología “plumosa o en llamarada”
- Márgenes bien delimitados
- Bilateralidad

## ISLOTES FOCALES PEQUEÑOS

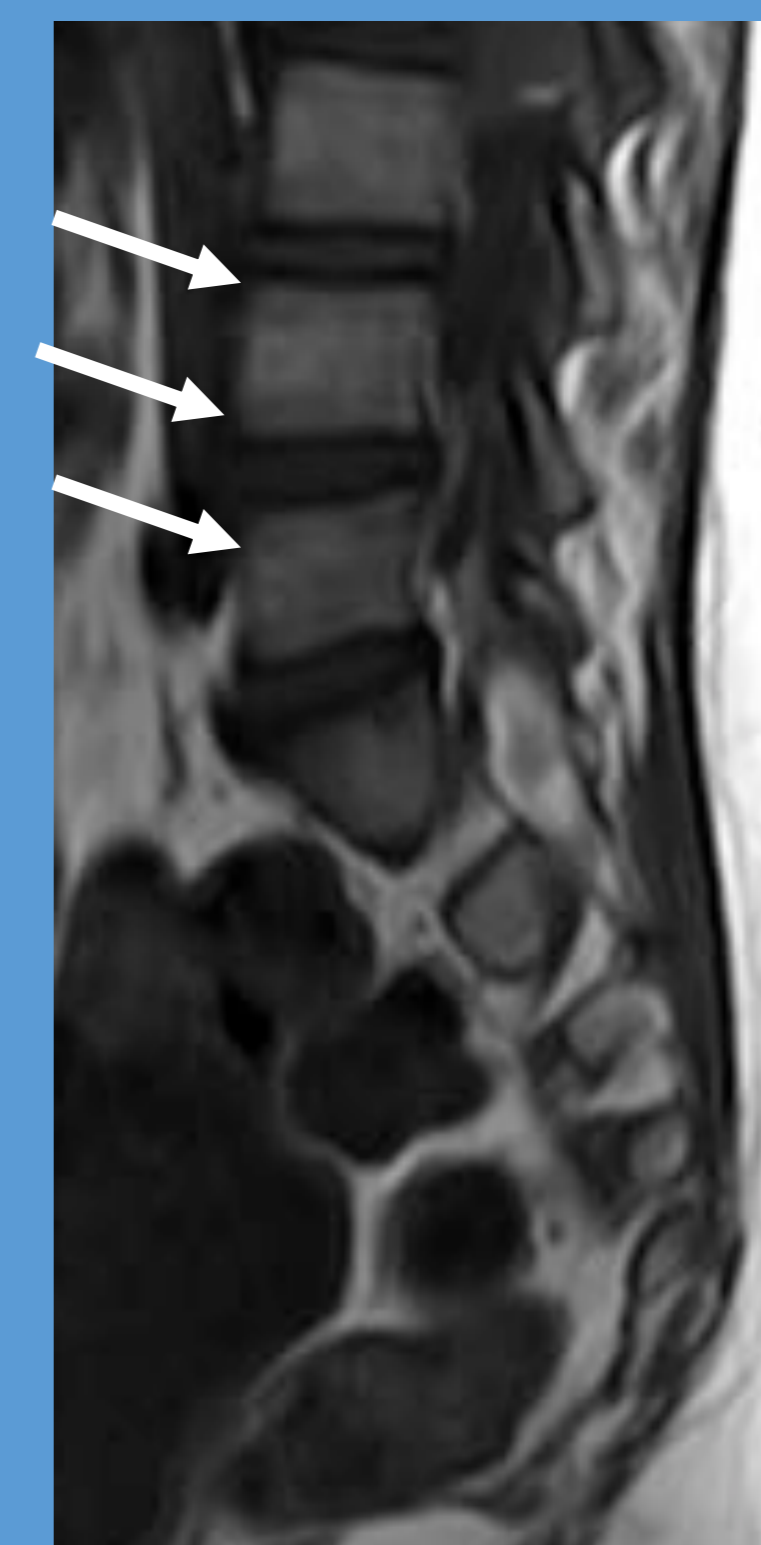
- Epifisarias/ apofisarias (en forma de arco)



- Subendosteal en las diáfisis de los huesos largos



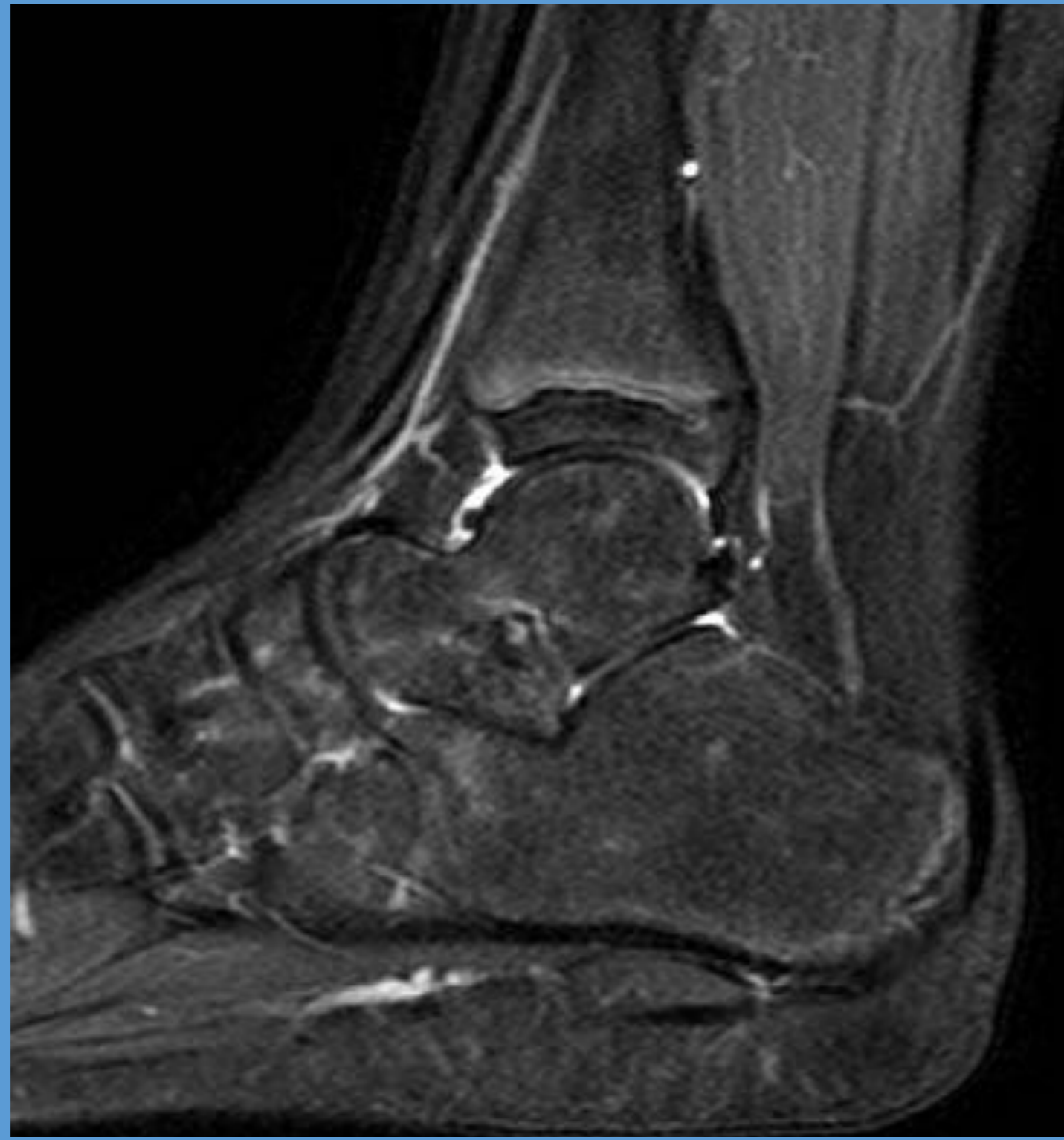
- Adyacentes a los platillos vertebrales



**HIPOINTENSAS EN T1, PERO NUNCA MÁS QUE EL MÚSCULO**

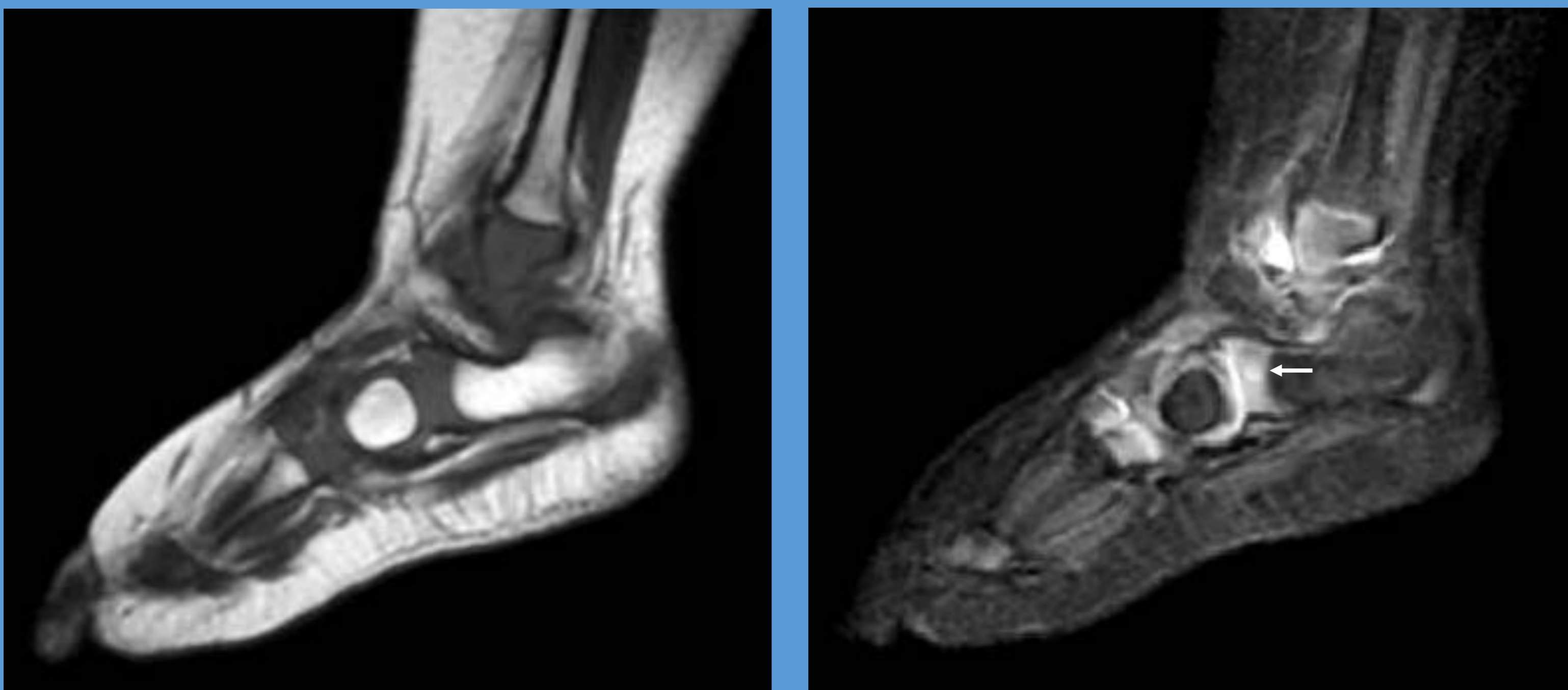


### ➤ Patrón moteado en tobillo/ pie



- Múltiples focos puntiformes afectando difusamente a los huesos del tarso en las secuencias sensibles al líquido
- Son focos de m.ó. hematopoyética rodeando espacios perivasculares

### ➤ Centros de preosificación



- Foco redondeado y bien delimitado hiperintenso en las secuencias sensibles al líquido localizado en el cartílago epifisario.
- Producido por los cambios en el cartílago en la formación del centro de osificación secundario

### ➤ Edema focal perifisario (focal periphyseal edema =FOPE)

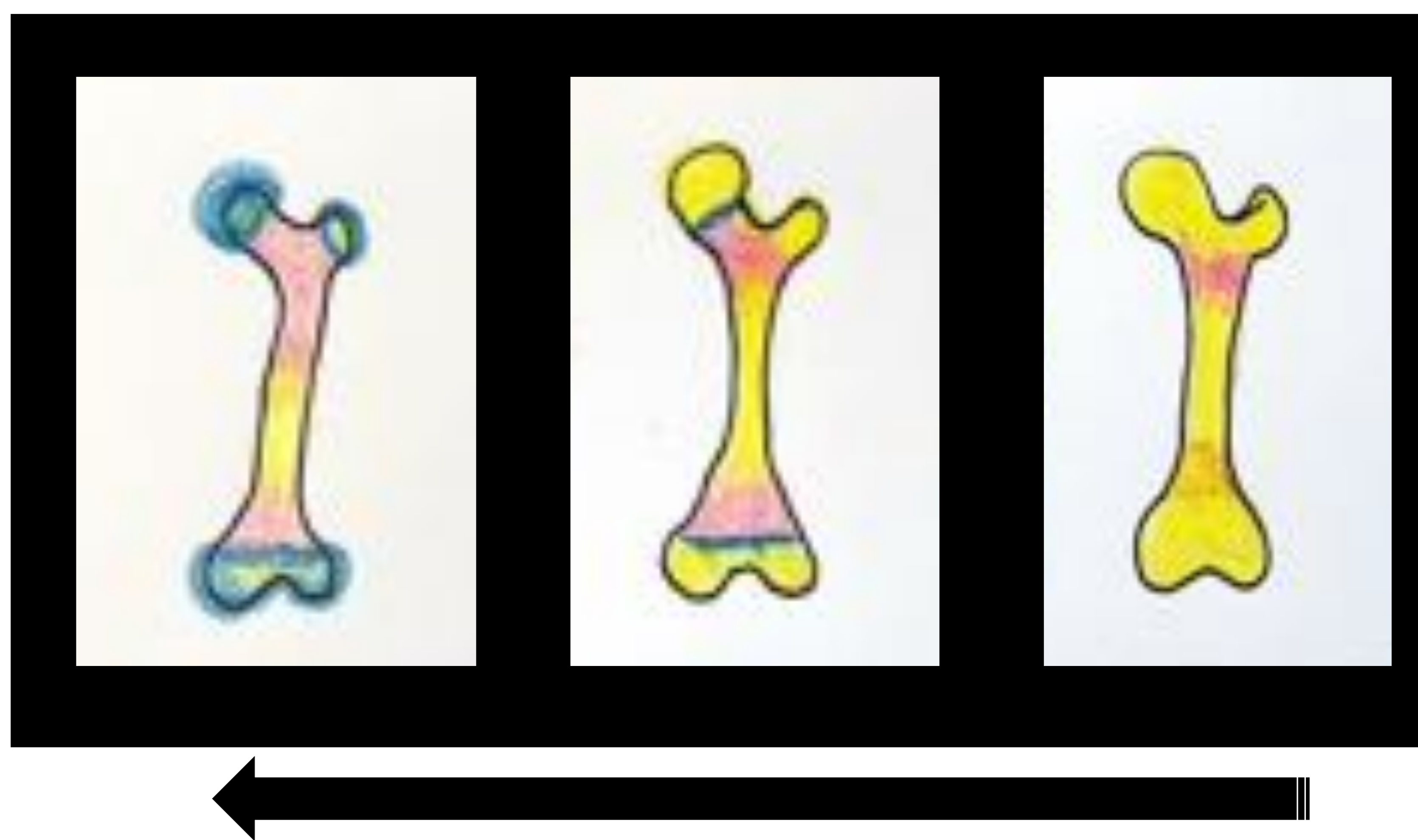


- Alteración focal de la m.ó. centrado en la fisis y con extensión a la metáfisis adyacente
- Típico en adolescentes
- Producido por el cierre fisario fisiológico



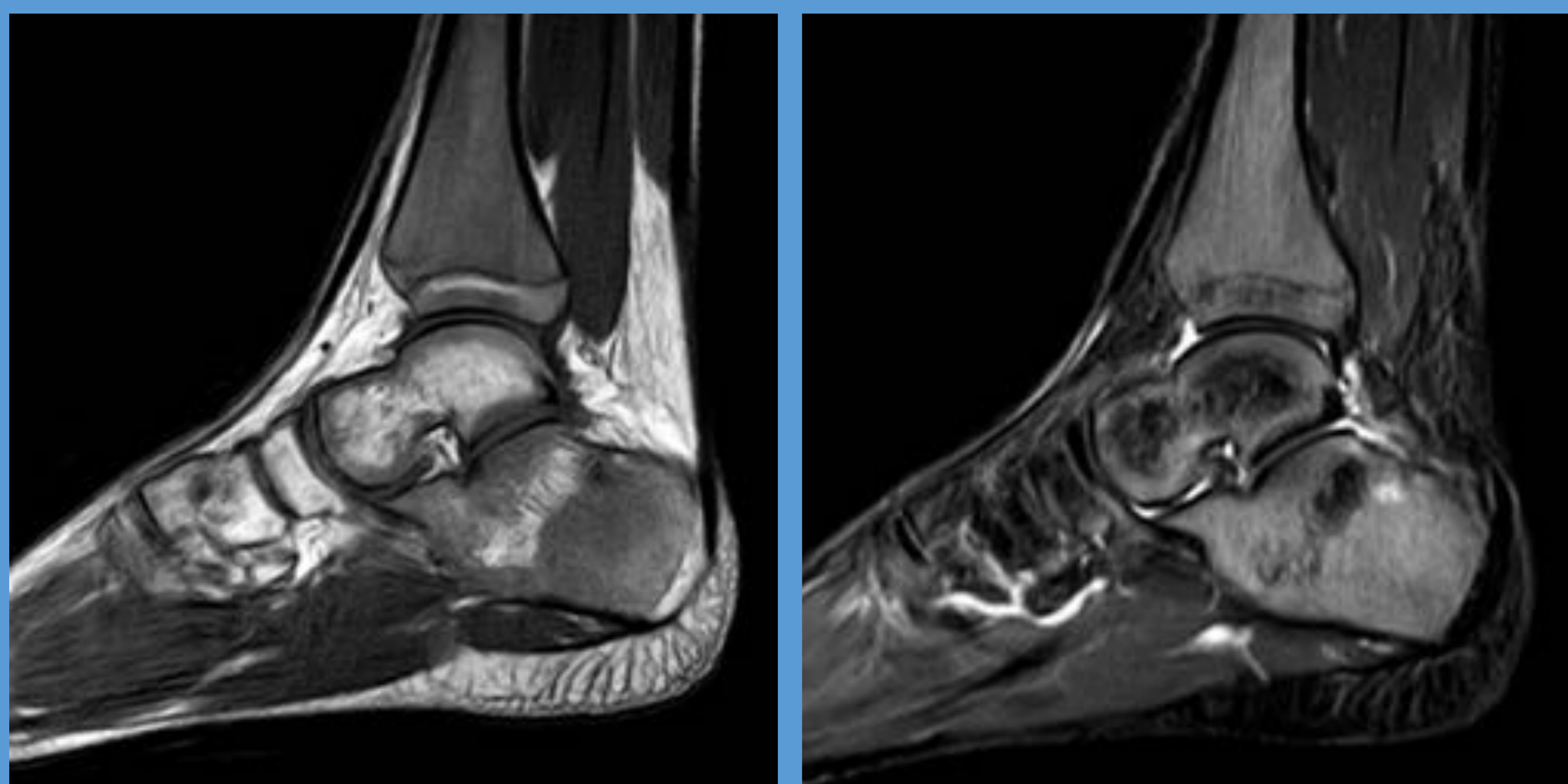
## Reconversión de la médula ósea

- Consiste en el proceso inverso a la conversión, es decir la m.ó. amarilla se transforma en m.ó. roja y lo hace siguiendo un patrón exactamente inverso al de la conversión fisiológica

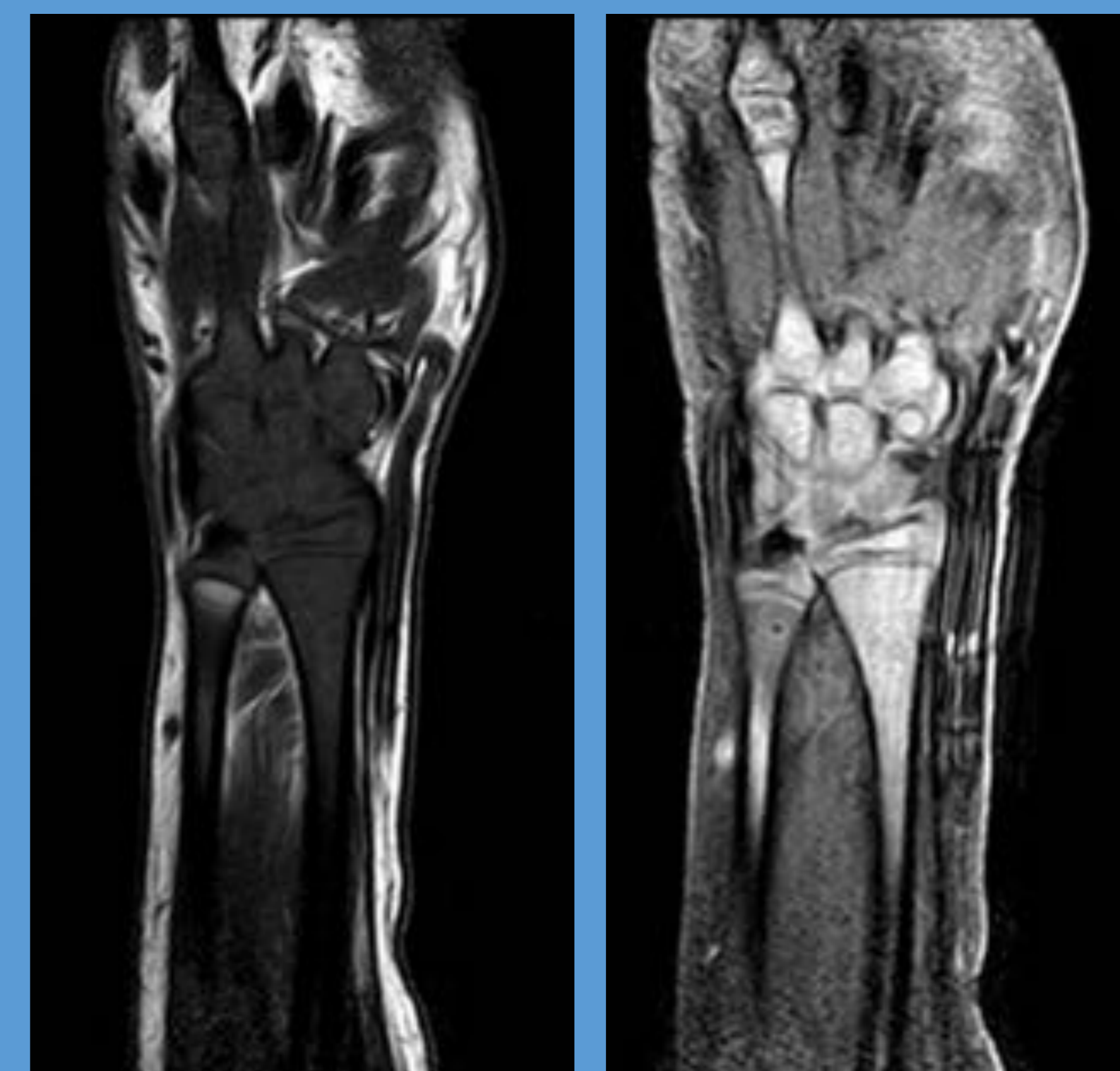


### CUALQUIER DESVIACION DE ESTE PATRÓN INVERSO OBLIGA A DESCARTAR PATOLOGÍA

- Ocurre en situaciones que requieren aumento de la hematopoyesis provocado por una situación de hipoxia relativa provocada por:
  - Disminución de la capacidad de transporte de oxígeno (anemia crónica, anemia de células falciformes, talasemias...).
  - Disminución de la capacidad de oxigenación de los tejidos (cardiopatías congénitas cianosantes, altitudes elevadas, ...).
  - Aumento de la demanda de oxígeno (atletas...)



14 años, esferocitosis.

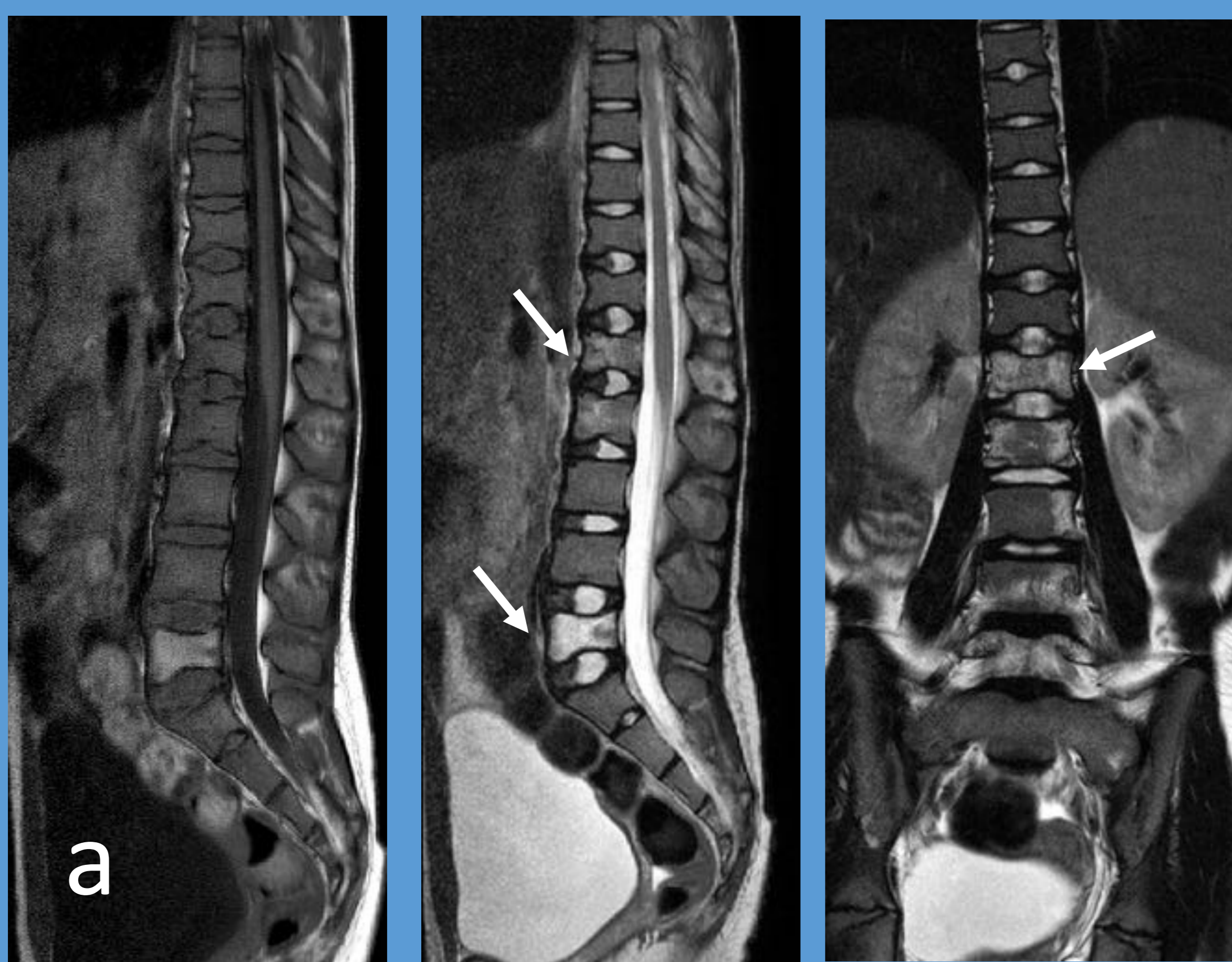


15 años, ictiosis



## Enfermedad de células falciformes

- Enfermedad multisistémica, hereditaria, originada por una hemoglobinopatía que produce los característicos drepanocitos o células falciformes.
- Asocia síntomas secundarios al aumento de la hemólisis como la anemia y síntomas secundarios a la vaso-oclusión como el secuestro esplénico, síndrome torácico agudo, crisis de dolor óseo, accidente cerebrovascular...
- La m.ó. se puede afectar por alteraciones agudas como los infartos óseos y la osteomielitis, y por alteraciones crónicas como la osteoporosis, osteonecrosis, osteomielitis crónica, la hiperplasia/ reconversión de la m.ó y la hematopoyesis extramedular.
- La anemia desencadena una importante reconversión de la m.ó., que puede llegar a producir expansión de la cavidad medular y adelgazamiento de la cortical ósea. Hasta desarrollar hematopoyesis extramedular hepatoesplénica, en las glándulas suprarrenales o como masas de partes blandas.



La RM muestra intensidad de señal heterogénea en la m.ó. vertebral. Predominantemente hipointensa en T1 (a), con focos compatibles con infartos óseos crónicos y múltiples "en H" (flechas)

- El síntoma agudo más común son las crisis de dolor óseo. Frecuentemente producido por infartos óseos en huesos largos



Extensa alteración en la m.ó. humeral, heterogénea, predominantemente hiperintensa en secuencias T2 DIXON (a) e hipointensa en T1 (b), con realce intenso (c) mostrando focos hipocaptantes (flechas)



# Reemplazamiento de la médula ósea

Se produce en patologías que producen una sustitución de los componentes normales de la m.ó. por otro tipo de células o tejidos, resultando en una alteración del comportamiento en intensidad de señal en las distintas secuencias de RM.

El reemplazamiento de la m.ó. se da en procesos neoplásicos y no neoplásicos, siendo los más habituales los que se detallan en la tabla:

NEOPLÁSICO	NO NEOPLÁSICO
1. Leucemia/ linfoma	1. Fractura (fracturas de estrés, fracturas fisarias)
2. Sarcomas óseos	2. Osteomielitis
3. Metástasis	3. Osteomielitis crónica multifocal recurrente (OCMR)
	4. Artritis idiopática juvenil (AIJ)
	5. Alteración biomecánica
	6. Síndromes de edema de m.ó.

El conocimiento de estas entidades es fundamental para poder orientar el diagnóstico en la interpretación de las imágenes de RM, así como a la hora de indicar y planificar el estudio.

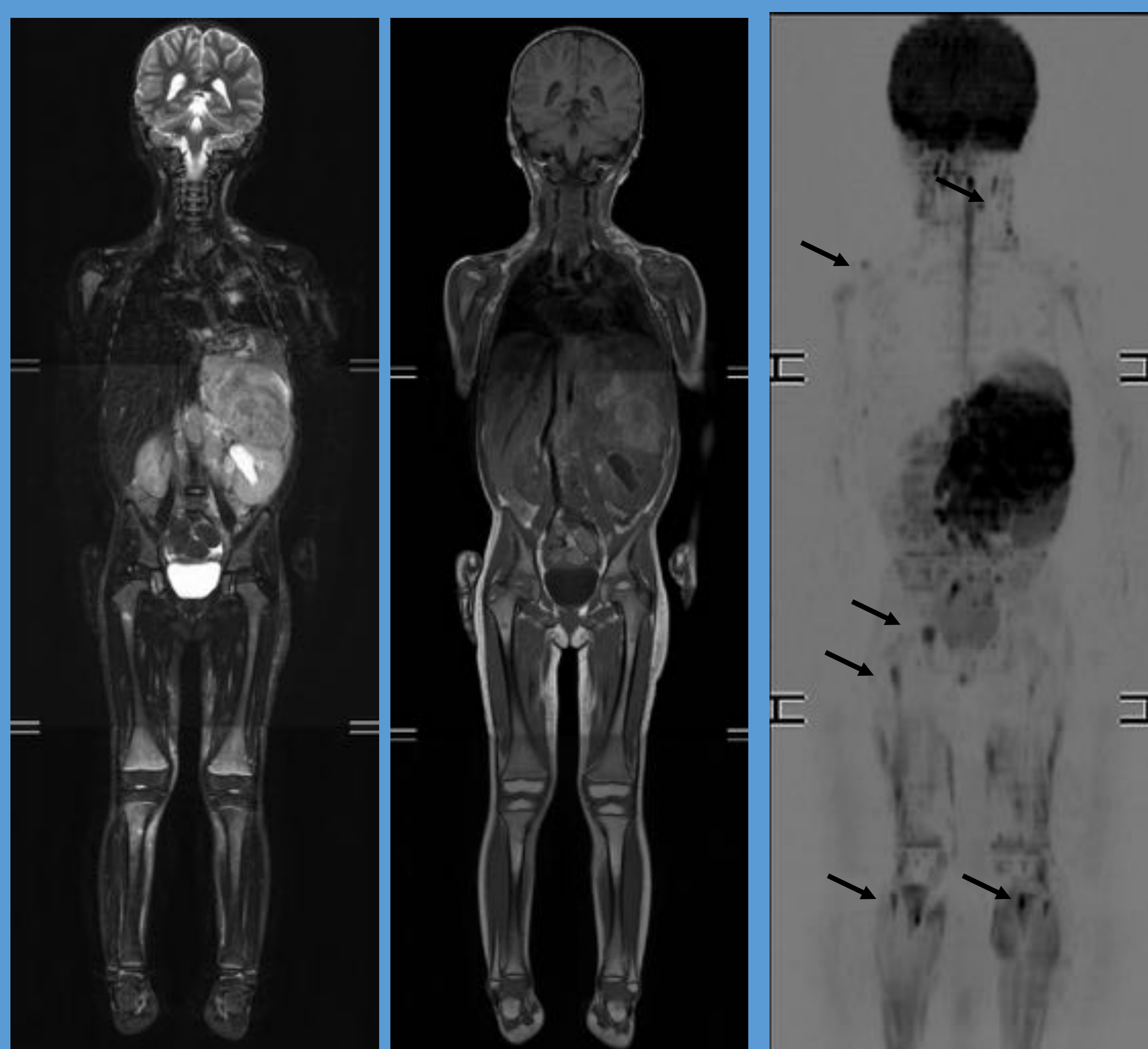


## Reemplazamiento neoplásico

- Puede producirse por:
  - Elementos mieloides (leucemia/ linfoma).
  - Células mesenquimales (osteosarcoma, tumores de la familia Ewing).
  - Metástasis.
- Más frecuente en regiones de médula ósea hematopoyética por su mayor vascularización y mayor tasa de mitosis
- Se manifiesta con un patrón inespecífico de lesiones hipointensas en las secuencias T1 e hiperintensas en las secuencias sensibles al líquido, por lo que es esencial interpretarlo en el contexto clínico del paciente.

La detección en secuencias T1 de lesiones hipointensas con respecto al músculo o al disco intervertebral tiene un alto índice de certeza, del 81% y del 78% respectivamente

- Otros hallazgos menos sensibles y específicos pueden ser:
  1. Transición brusca entre la lesión y médula normal.
  2. Efecto de masa.
  3. Interrupción de la cortical ósea.
  4. Masa de partes blandas asociada.



Neuroblastoma abdominal metastásico en paciente de 15 meses, presenta múltiples metástasis óseas y ganglionares. La RMCE con DWIBS facilita la detección de los focos metastásicos (flechas) y su control en las evaluaciones de respuesta a tratamiento



## Leucemia aguda

- Es la neoplásica pediátrica más frecuente.
- El subtipo más común es la leucemia linfoblástica aguda (LLA).
- Puede presentar tres patrones diferentes de afectación del m.ó. en RM:
  1. Difuso: más frecuente
  2. Parcheado
  3. Focal

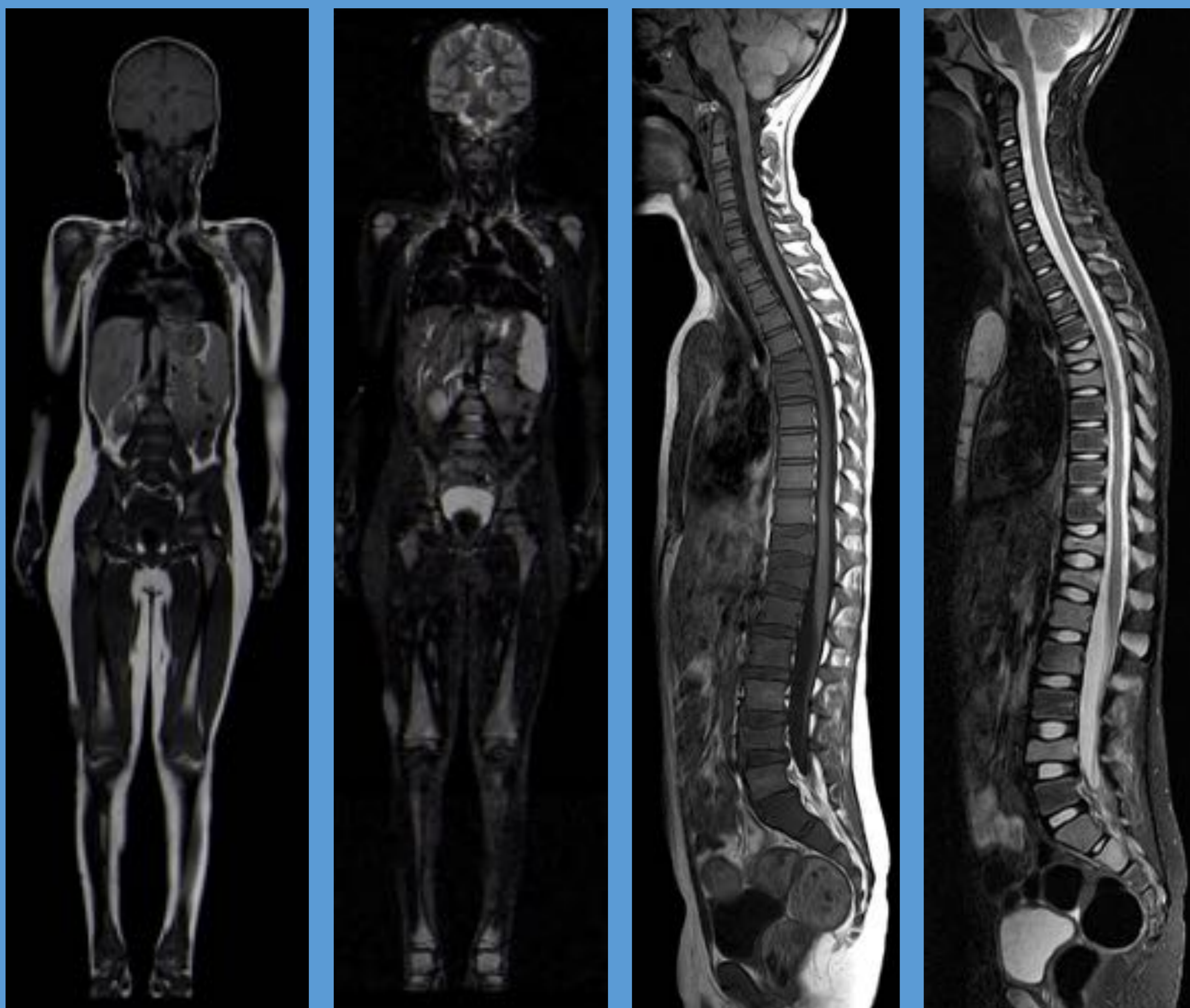
### DIFUSO



RM de cuerpo entero, paciente de 16 años con Síndrome de Li-Fraumeni, antecedente de osteosarcoma femoral derecho. Actualmente diagnosticada de LLA. En la secuencia T1 (a) se aprecia hipointensidad de señal difusa de la m.ó. axial y apendicular, afectando hasta a las epífisis humerales y femorales (flechas), con hiperintensidad de señal heterogénea en STIR (b)

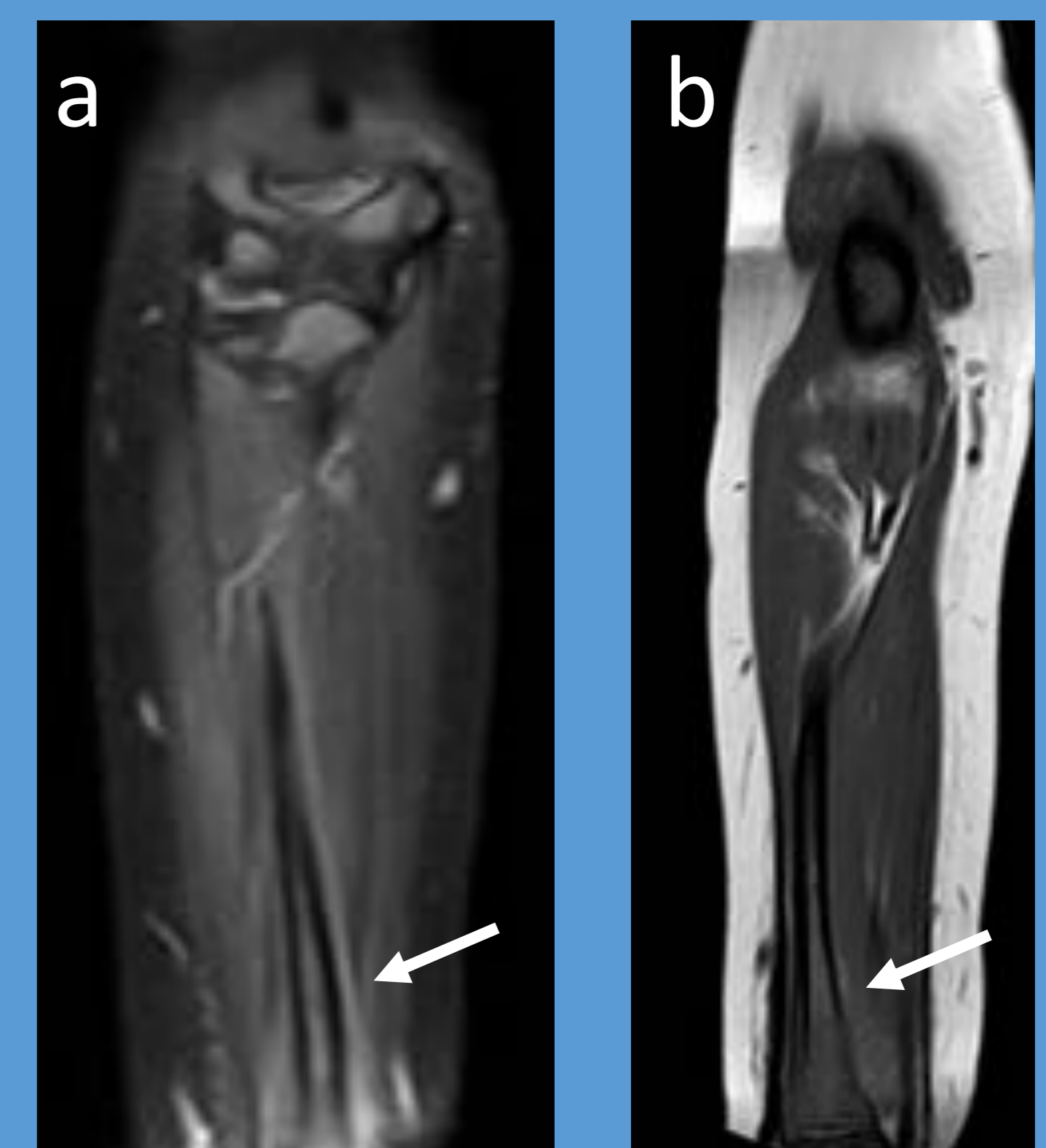
En la leucemia la m.ó. se muestra hipointensa en T1 e hiperintensa en las secuencias sensibles al líquido, es decir muestra un comportamiento inverso al normal (*“flip flop sign”*), con una distribución difusa, parcheada o focal

### PARCHEADO



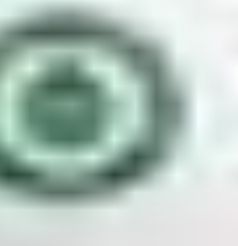
RM de cuerpo entero y espinal, paciente de 11 años con LLA. Presenta un patrón parcheado de m.ó. afectando a húmeros proximales, fémures, tibias, tarsos, esternón y columna vertebral

### FOCAL



Detalle de RM paciente de 7 años con dolor sin traumatismo en el brazo derecho. Presenta hiperintensidad de DP-SPIR (a) e hipointensidad en T1 (b) en la diáfisis y metafisis distal del radio





## Infartos óseos

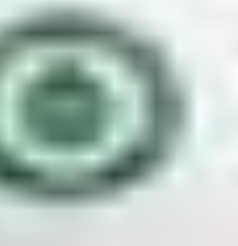
- Los infartos óseos y la necrosis de la m.ó. afectan a un 6,5- 15% de los pacientes con LLA.
- Los infartos óseos se dan típicamente en áreas de m.ó. amarilla con perfusión comprometida.
- Inicialmente produce hemorragia, edema...y evoluciona a fibrosis, lesión trabecular y esclerosis.
- Pasada la fase aguda puede presentar en signo del doble halo en las secuencias sensibles al líquido y realce periférico en las secuencias postcontraste.
- Pueden darse en otros contextos clínicos (drepanocitosis, corticoterapia...)



Paciente de 17 años, LLA. Múltiples lesiones óseas en los huesos del tarso y región metafisoepifisaria distal de la tibia, con morfología serpiginosa (flechas blancas), signos del doble halo en STIR (a) y realce periférico postcontraste (c). Presenta colapso parcial de la cúpula astragalina (flechas negras) y asocia derrame en la articulación tibioastragalina (asterisco)

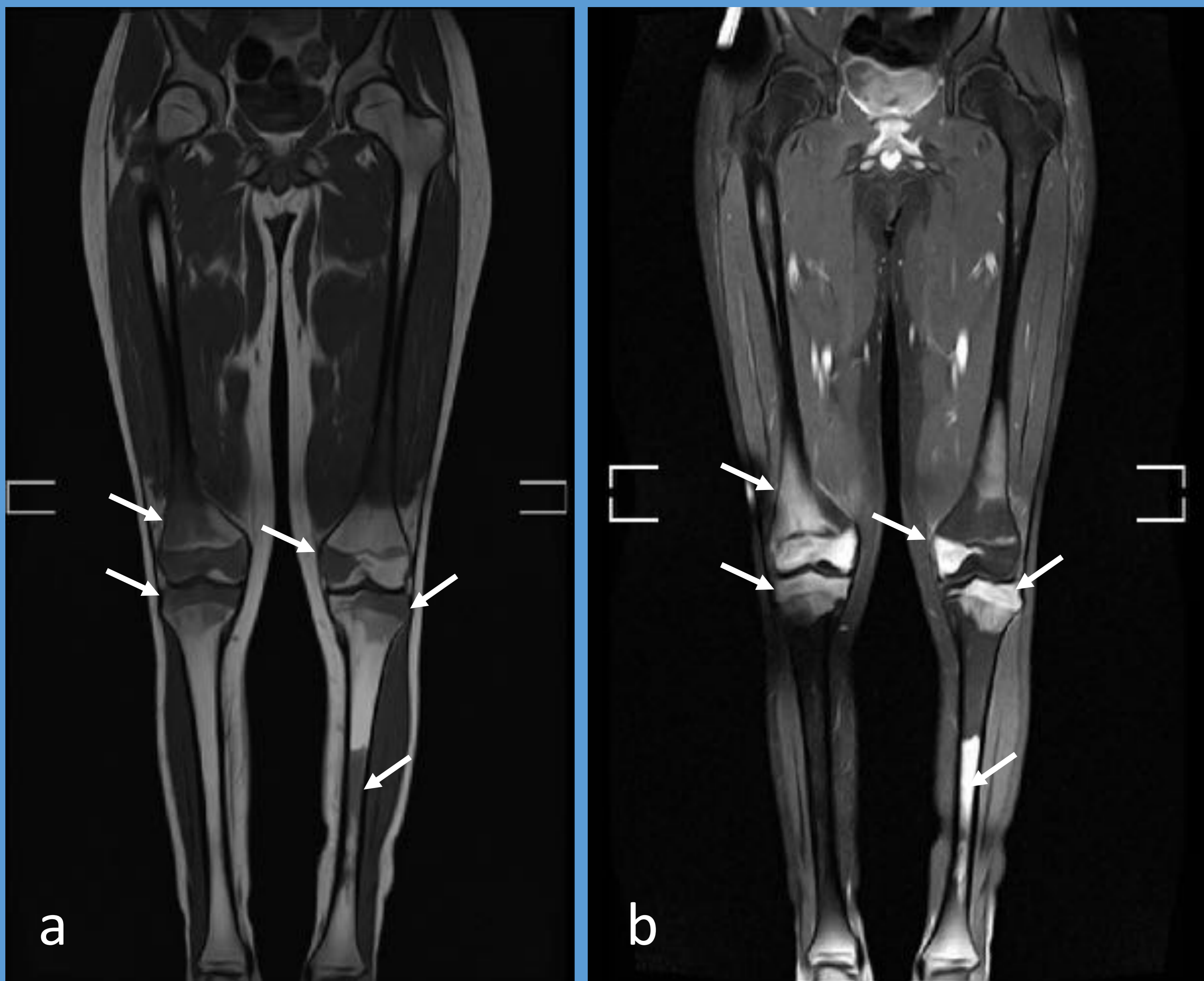
- La necrosis de la m.ó. se produce por oclusión microvascular con preservación del hueso trabecular. Puede presentar realce periférico y se diferencia del infarto por la evolución, ya que se puede recuperar mientras que el infarto no.



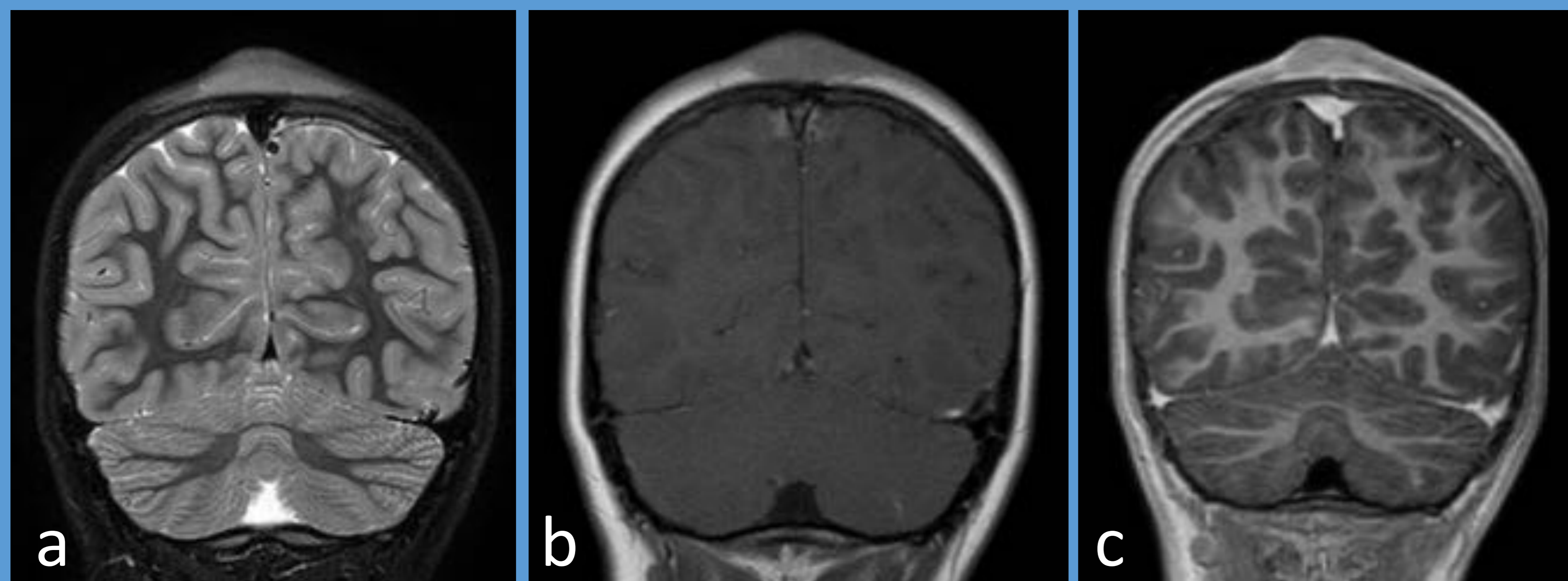


## Linfoma

- Es más frecuente en el LNH, afecta a un 25-40% de los pacientes frente a una 5-15 % de los LH .
- Indica un estadio avanzado de la enfermedad.
- Habitualmente provoca una alteración parcheada o focal de la m.ó., que se debe tener en cuenta a la hora de realizar y valorar la biopsia de m.ó
- Puede presentar masa de partes blandas sin aparente lesión ósea debido a su naturaleza infiltrativa.



Paciente de 13 años diagnosticado de Linfoma de Hodgkin de predominio linfocítico. La RM de miembros inferiores muestra un patrón parcheado, bilateral y asimétrico de infiltración de la m.ó, marcadamente hipointenso en T1 (a) e hiperintenso en STIR (b)



Paciente de 9 años con bultoma epicraneal de 1 mes de evolución. Diagnosticado de Linfoma linfoblástico NOS por biopsia. En la RM se identifica una masa de partes blandas extracraneal interparietal, subcutánea, mal delimitada, levemente hiperintensa en STIR (a), isointensa en T1 (b) y con realce moderado (c)



## Sarcomas óseos

### • Osteosarcoma:

- Es el tumor óseo primario maligno más frecuente en la edad pediátrica.
- Típico de la 2ª década de la vida.
- Imagen radiológica característica: lesión metafisaria lítica/ mixta con matriz calcificada de aspecto osteoide, con interrupción cortical y reacción perióstica discontinua (espiculada, en rayos de sol) y masa de partes blandas asociada.
- Su patrón en RM depende del grado de mineralización de la matriz tumoral.



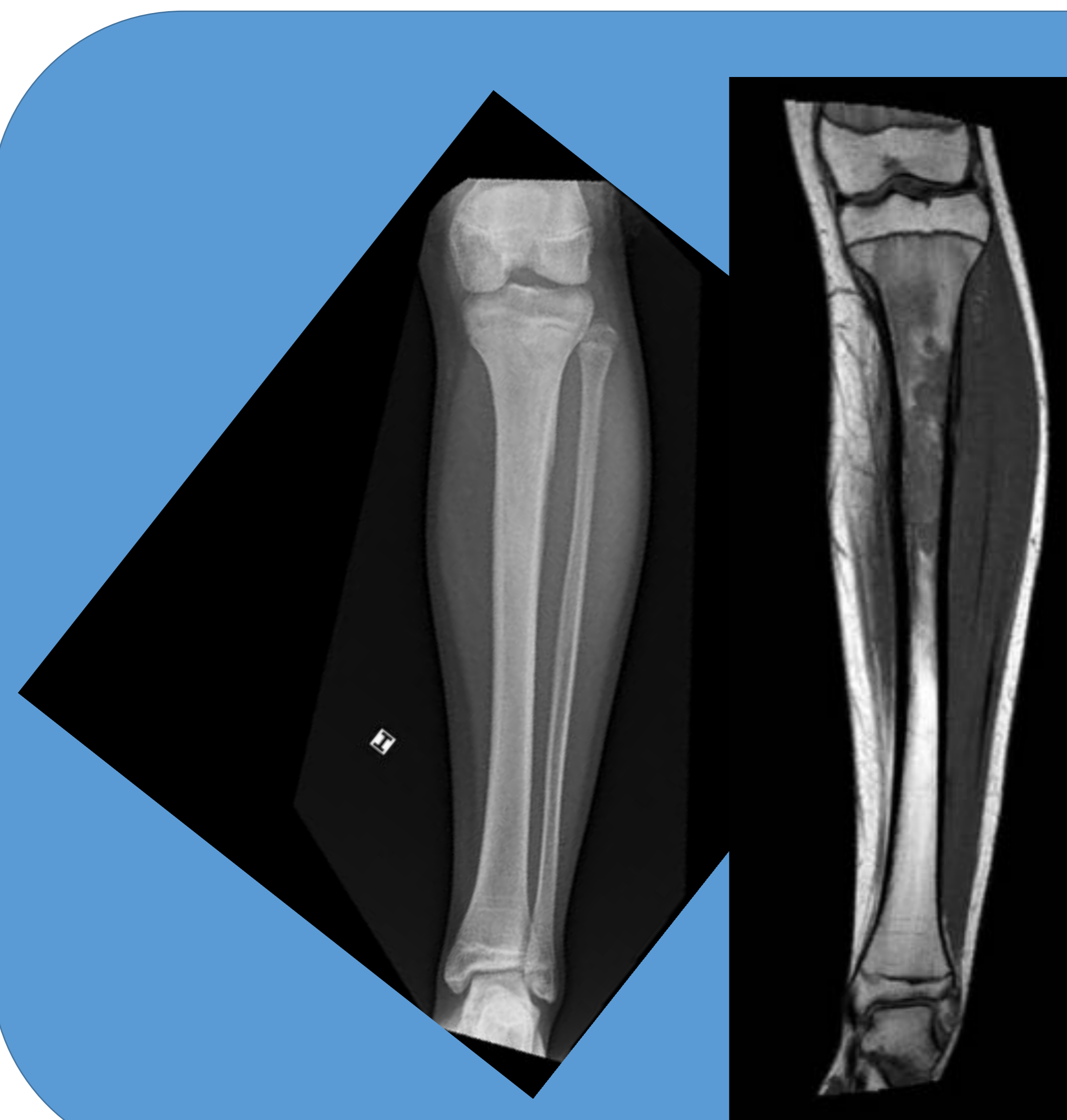
Osteosarcoma convencional femoral distal con extensa matriz calcificada con patrón algodonoso, que en la RM presenta una marcada hipointensidad en T1 en la m.ó. (flecha)



Osteosarcoma convencional femoral distal sin matriz osteoide aparente, que muestra isointensidad de la m.ó. en las secuencias T1 (flecha)

### • Tumores de la familia Ewing:

- Pacientes de menor edad, pero infrecuente en menores de 5 años.
- Imagen radiológica característica: lesión lítica infiltrativa diafisaria, sin matriz calcificada, con interrupción cortical, reacción perióstica discontinua (en capas) y gran masa de partes blandas asociada.

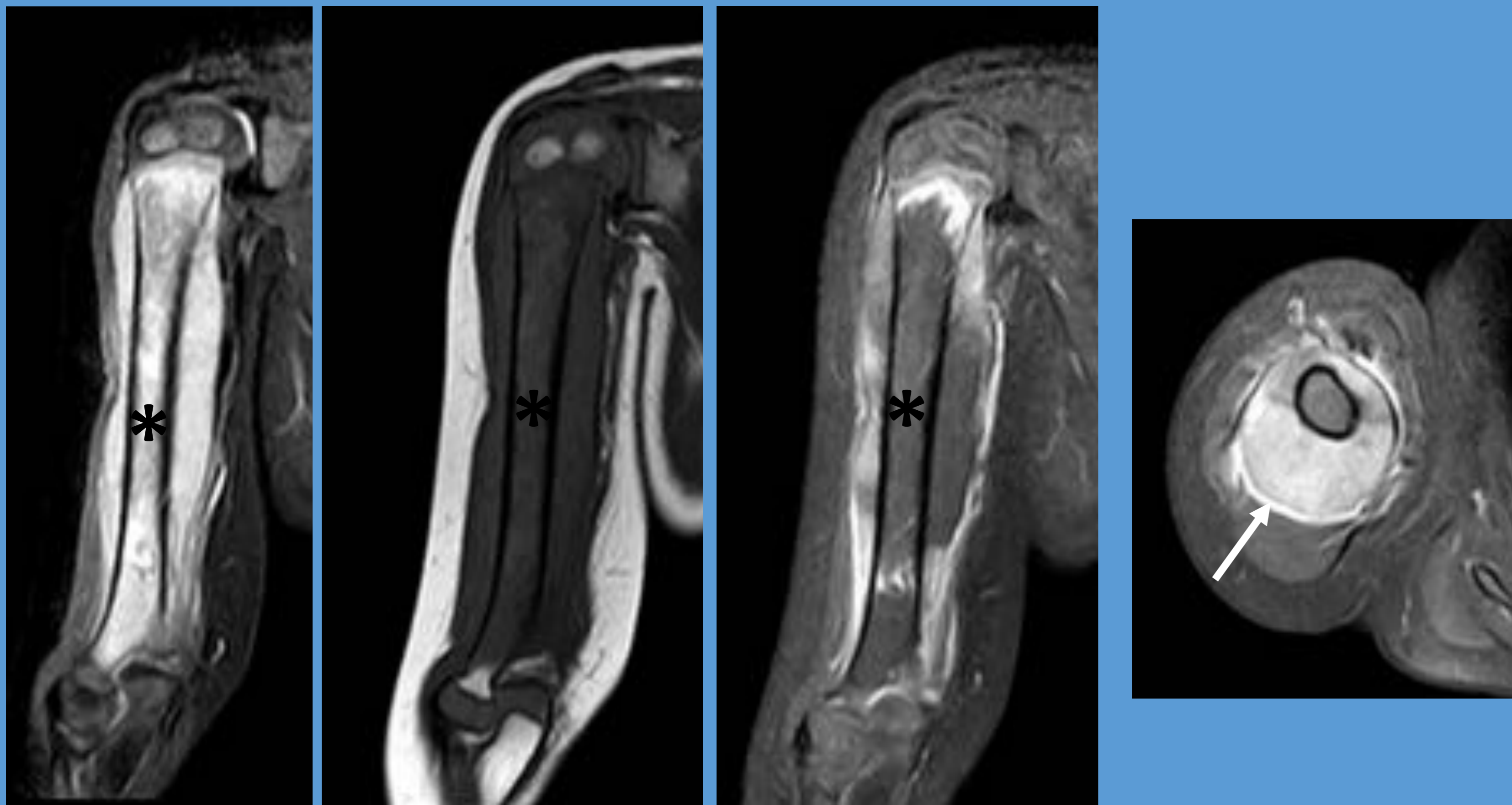


Tumor de la familia Ewing tibial que en la RM produce una infiltración de m.ó., que en T1 es predominantemente hipointensa en T1 y se delimita con más precisión

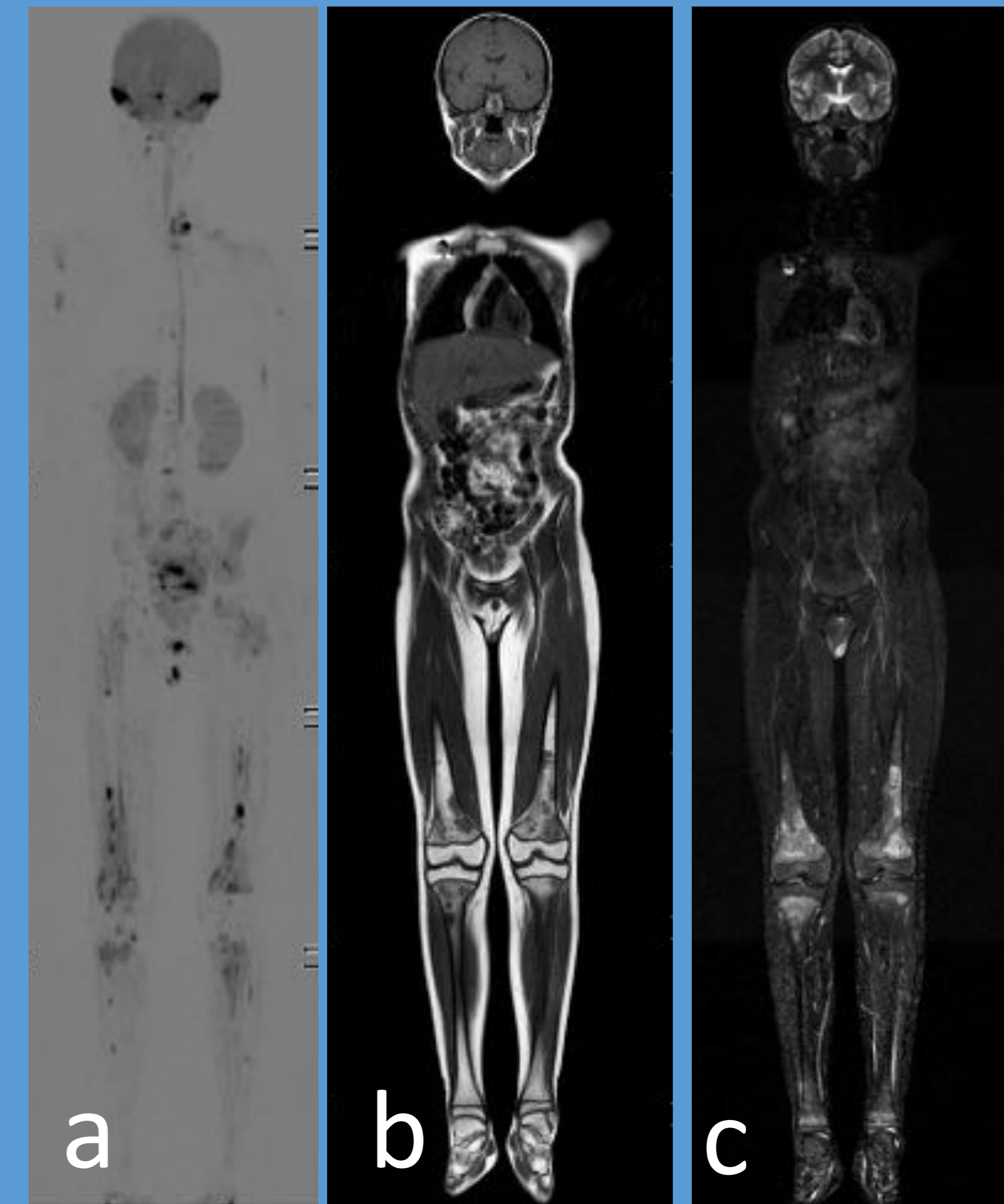


## Metástasis

- El tumor primario más frecuente es el neuroblastoma, seguido por los sarcomas óseos y el rhabdomioma.
- Pueden producir un patrón multifocal o difuso.
- El patrón difuso puede simular la infiltración leucémica difusa y es frecuente en el neuroblastoma metastásico y las metástasis de rhabdomioma.

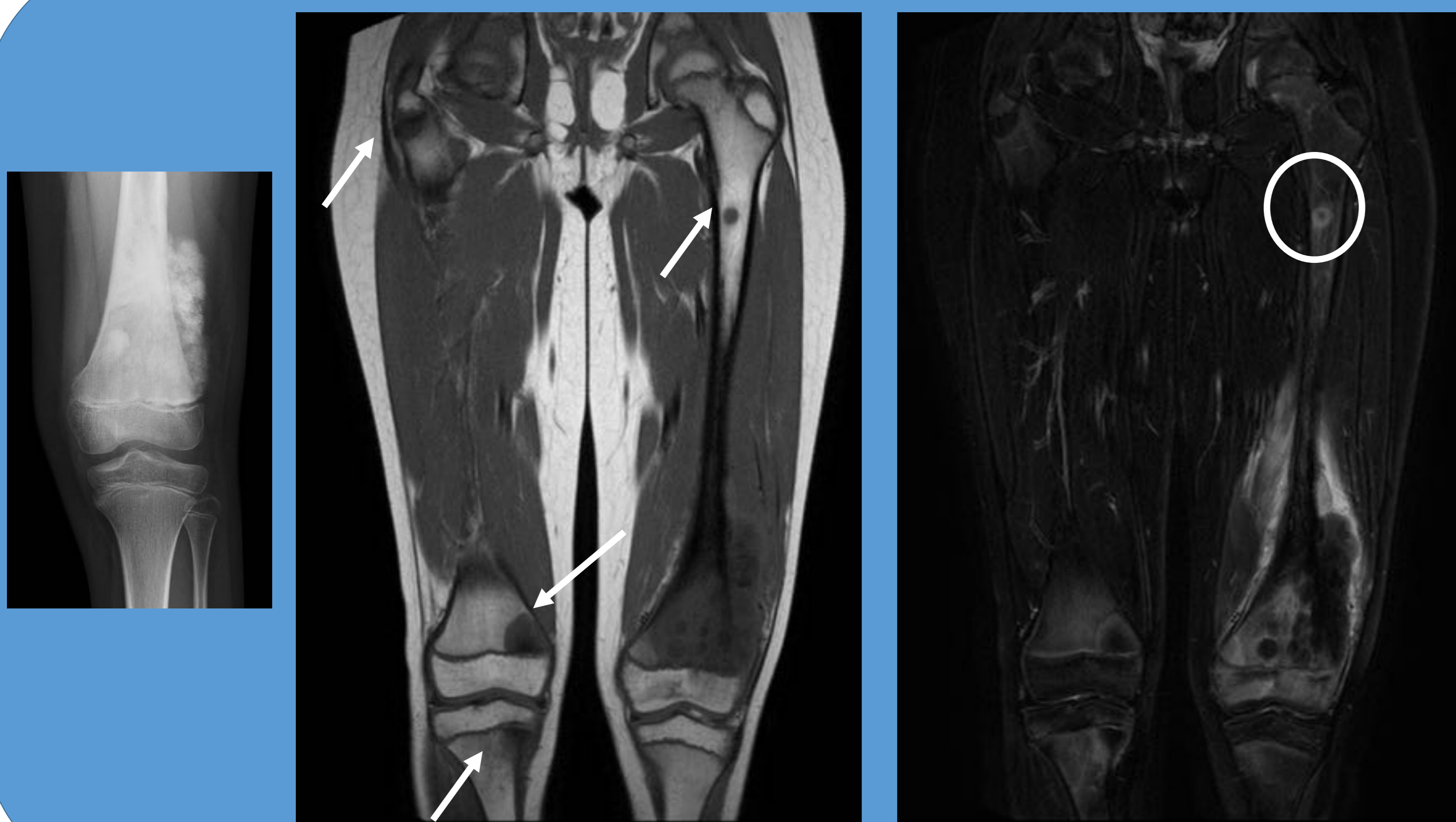


Metástasis de neuroblastoma con patrón difuso en la diáfisis humeral (asterisco) asociado a gran masa de partes blandas (flecha)



Incontables metástasis de tumor de Ewing escapular en DWIBS (a) hipointensas en T1 (b), hiperintensas en STIR (c)

- En algunos casos las metástasis presentan el “signo del halo” en las secuencias sensibles al líquido, consistente en un halo hiperintenso rodeando periféricamente a la lesión, que representa la destrucción trabecular sustituida por líquido en el espacio medular.



Paciente de 13 años, osteosarcoma convencional en metáfisis distal femoral izquierda. En la RM se identifican múltiples metástasis óseas (flechas), algunas con el signo del halo (círculo)

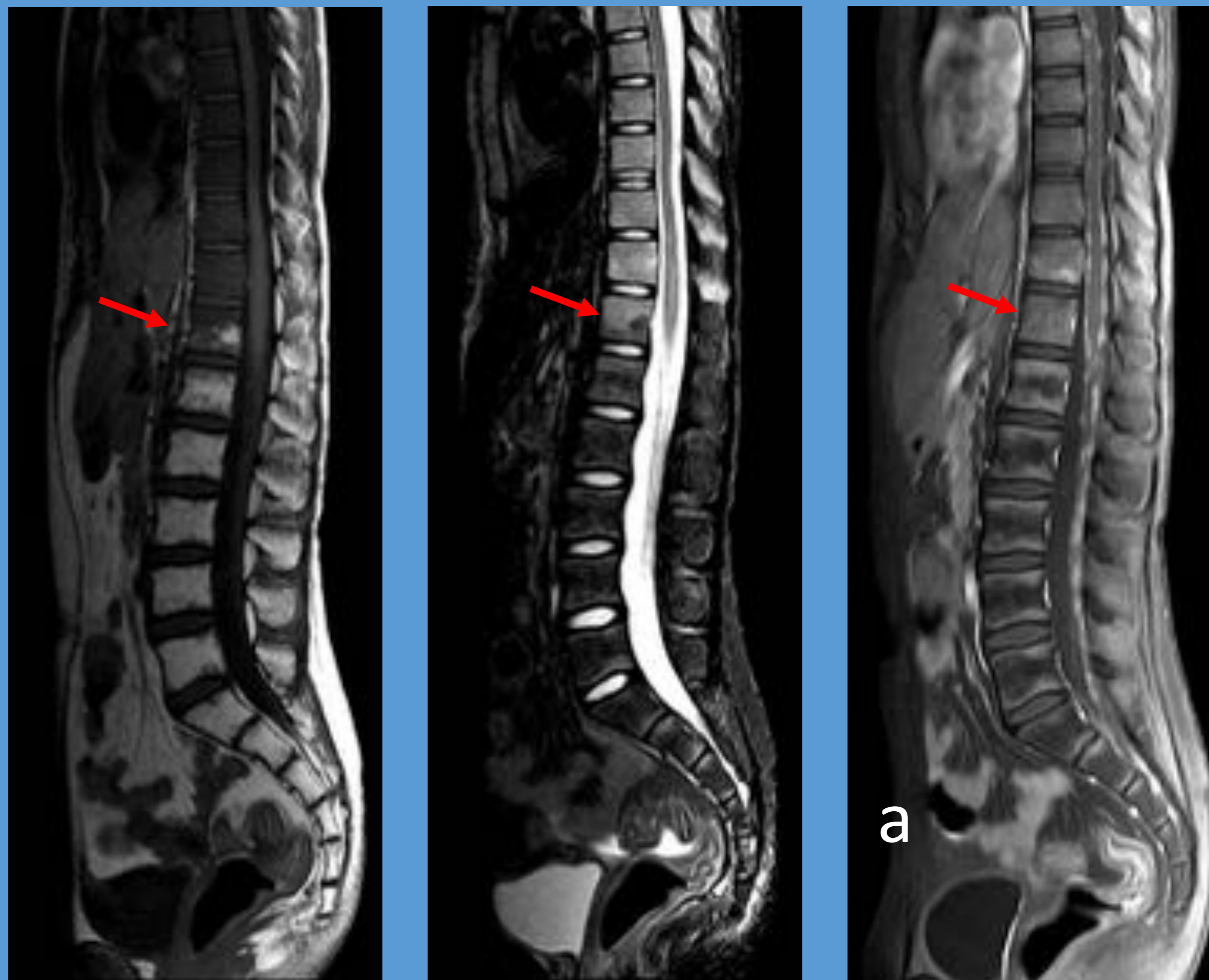


## Cambios postratamiento

- **Radioterapia:** tienen una secuencia temporal que se traduce en los hallazgos en RM:
  - ✓ 2<sup>as</sup> semanas: m.ó. sin cambios o edema y/o hemorragia, que se manifiesta con intensidad de señal y relace variable.
  - ✓ 3<sup>a</sup>-6<sup>a</sup> semana: sustitución de la m.ó. roja por amarilla, más hiperintensa en T1.
  - ✓ >6 semanas: conversión a m.ó. grasa más extensa, hiperintensidad más homogénea en T1.

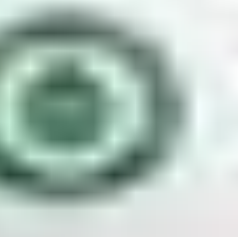
Es característico que presente límites abruptos en la RM

Límite  
Abrupto  
(flecha roja)



Isointensa con el tejido adiposo subcutáneo en todas las secuencias y con realce moderado en la secuencia postcontraste (a)

La recuperación posterior depende de la edad del paciente y la dosis, a menor edad y menor dosis mayor posibilidad de recuperación



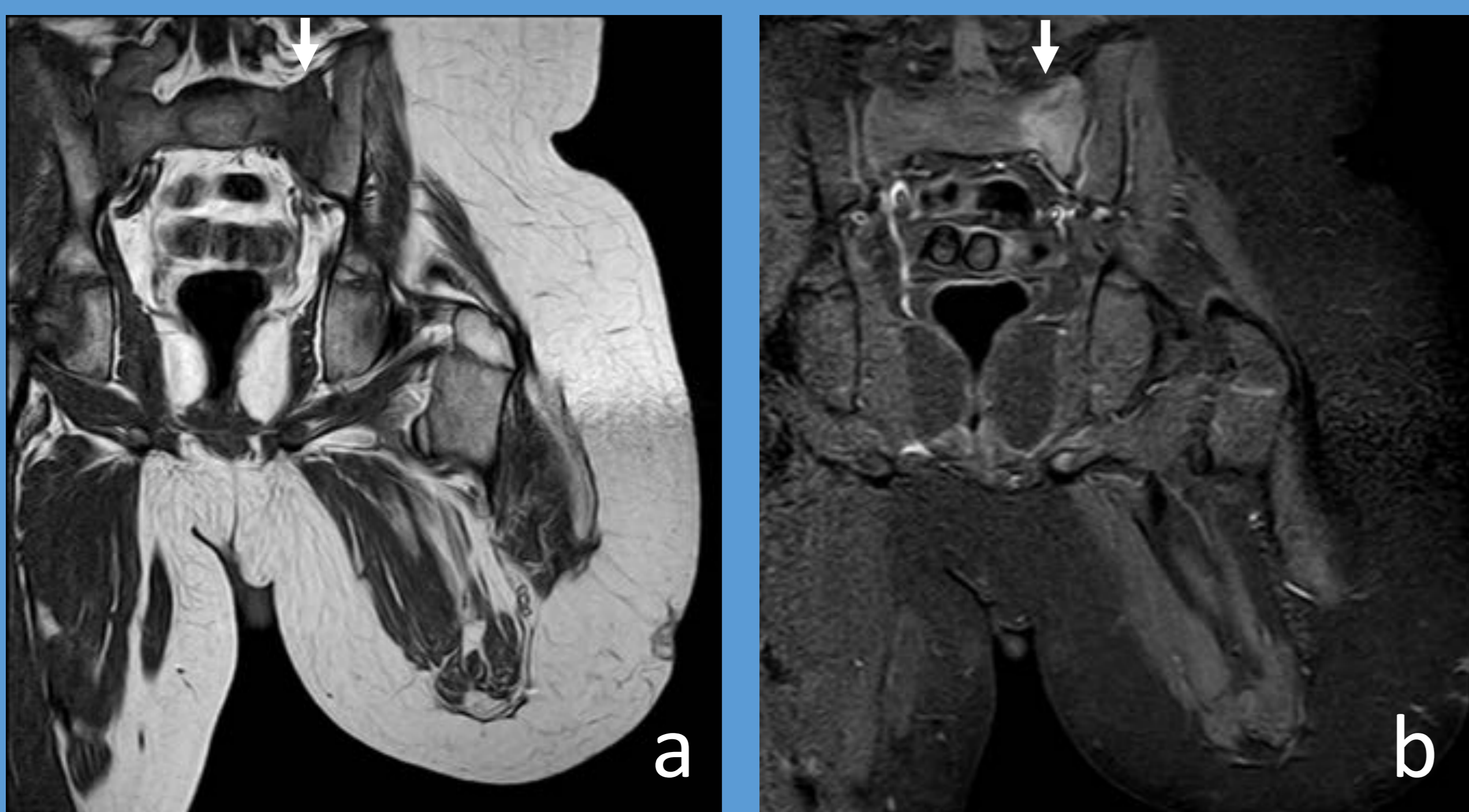
## Posibles complicaciones de la radioterapia:

### ALTERACIONES DEL CRECIMIENTO Y OSTEONECROSIS



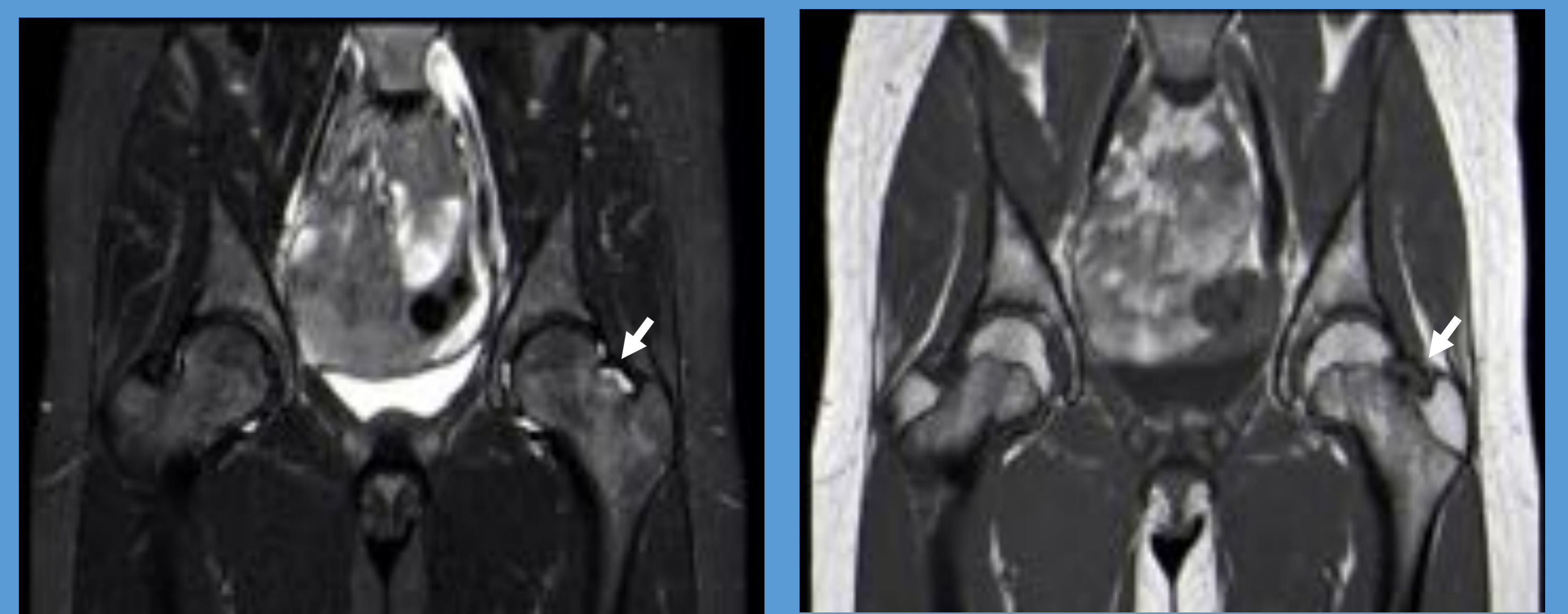
Paciente de 15 años, tercera recaída leucémica. Había recibido múltiples tratamientos, incluyendo radioterapia. Se identifican signos de necrosis avascular de ambas cabezas femorales (flechas blancas) e infartos óseos (flechas negras) en el seno de una m.ó. marcadamente hiperintensa y con cierre fisario precoz

### FRACTURAS POR INSUFICIENCIA



Paciente de 16 años con antecedente de tumor de Ewing femoral izquierdo, en la RM se detecta un foco de alteración de la m.ó. del ala sacra izquierda, hipointensa en T1 (a) e hiperintensa en STIR (b) que contiene una imagen lineal (flechas), compatible con fractura por insuficiencia en el campo de irradiación

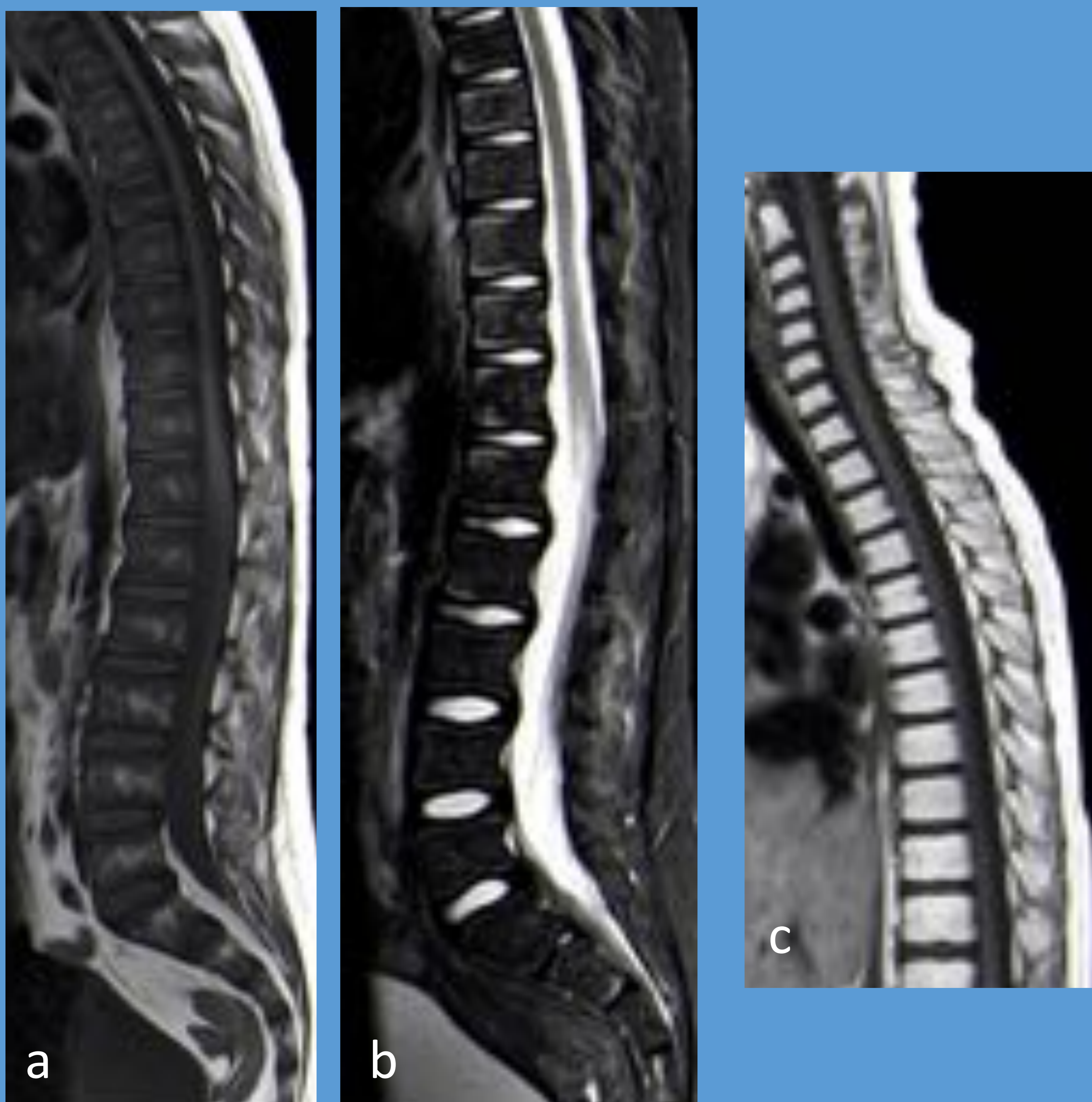
### TUMORES SECUNDARIOS (benignos o malignos)



Niña de 13 años con antecedente de rhabdomyosarcoma embrionario uterino con tratamiento radioterápico. En la RM se identifica una pequeña lesión ósea focal en el cuello femoral izquierdo (flechas) compatible con osteocondroma secundario a la radioterapia.



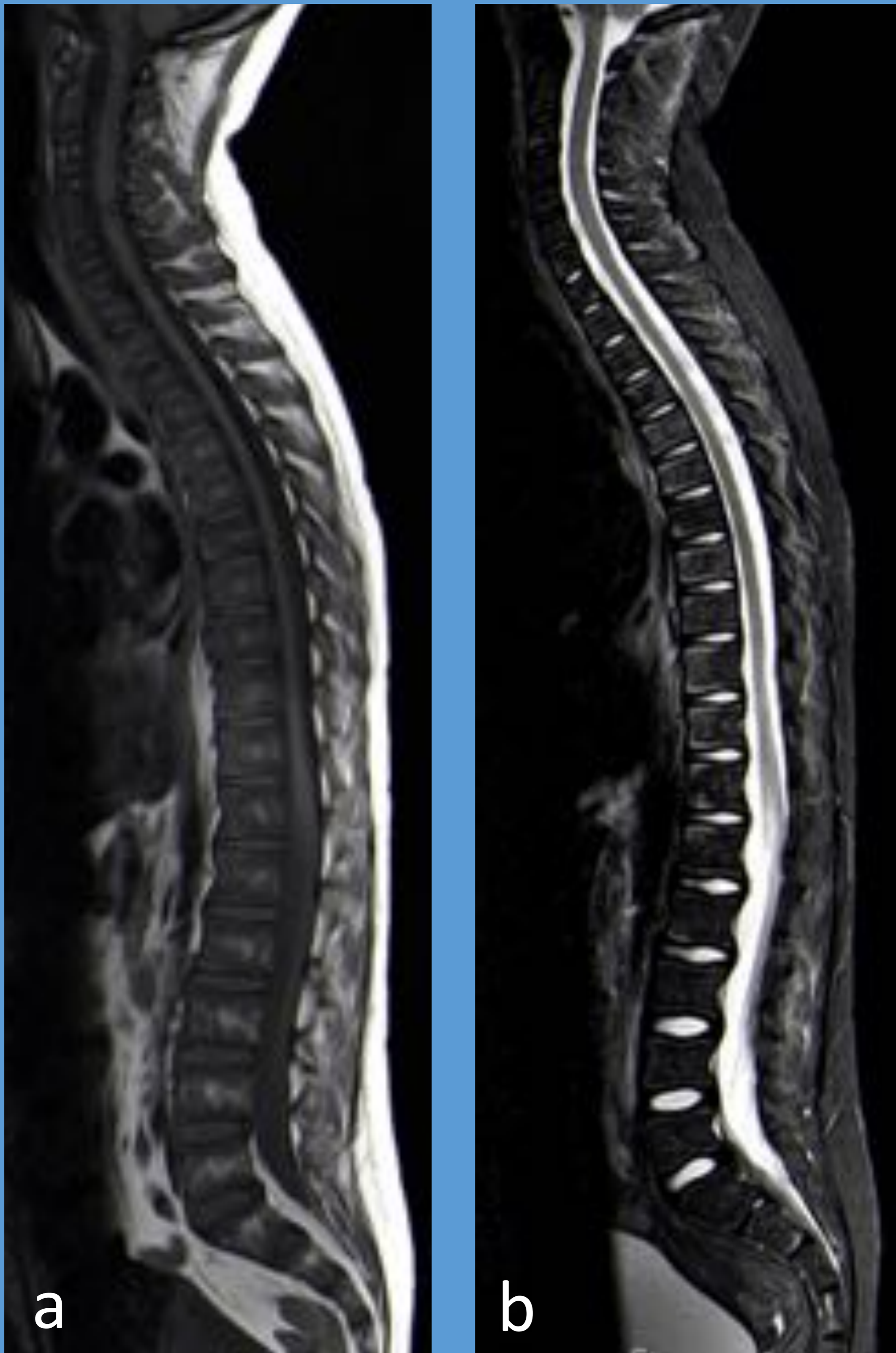
- **Quimioterapia:** frecuentemente produce cambios difusos y más precoces que la radioterapia. También con una secuencia temporal descrita:
  - ✓ 1ª semana: edema secundario a dilatación e hiperpermeabilidad sinusoidal.
  - ✓ 2ª semana: efecto citotóxico con disminución de los precursores mieloides y aumento de la conversión de la m.ó.
  - ✓ 3ª-4ª semanas: empieza la recuperación con un patrón típicamente parcheado de pequeños focos de m.ó roja.Sus posibles complicaciones son: infartos óseos, osteopatía por Metroxate, raquitismo hipofosfatémico secundario, hiperostosis cortical...
- **Factor estimulante de las colonias de granulocitos:** frecuentemente administrado junto a la quimioterapia para limitar la aplasia medular
  - ✓ Produce una hiperplasia parcheada de la m.ó. roja que puede simular enfermedad.
  - ✓ El efecto es muy rápido, máximo a las 2 semanas de instaurar el tratamiento y desaparece aproximadamente a las 6 semanas de interrumpirlo.



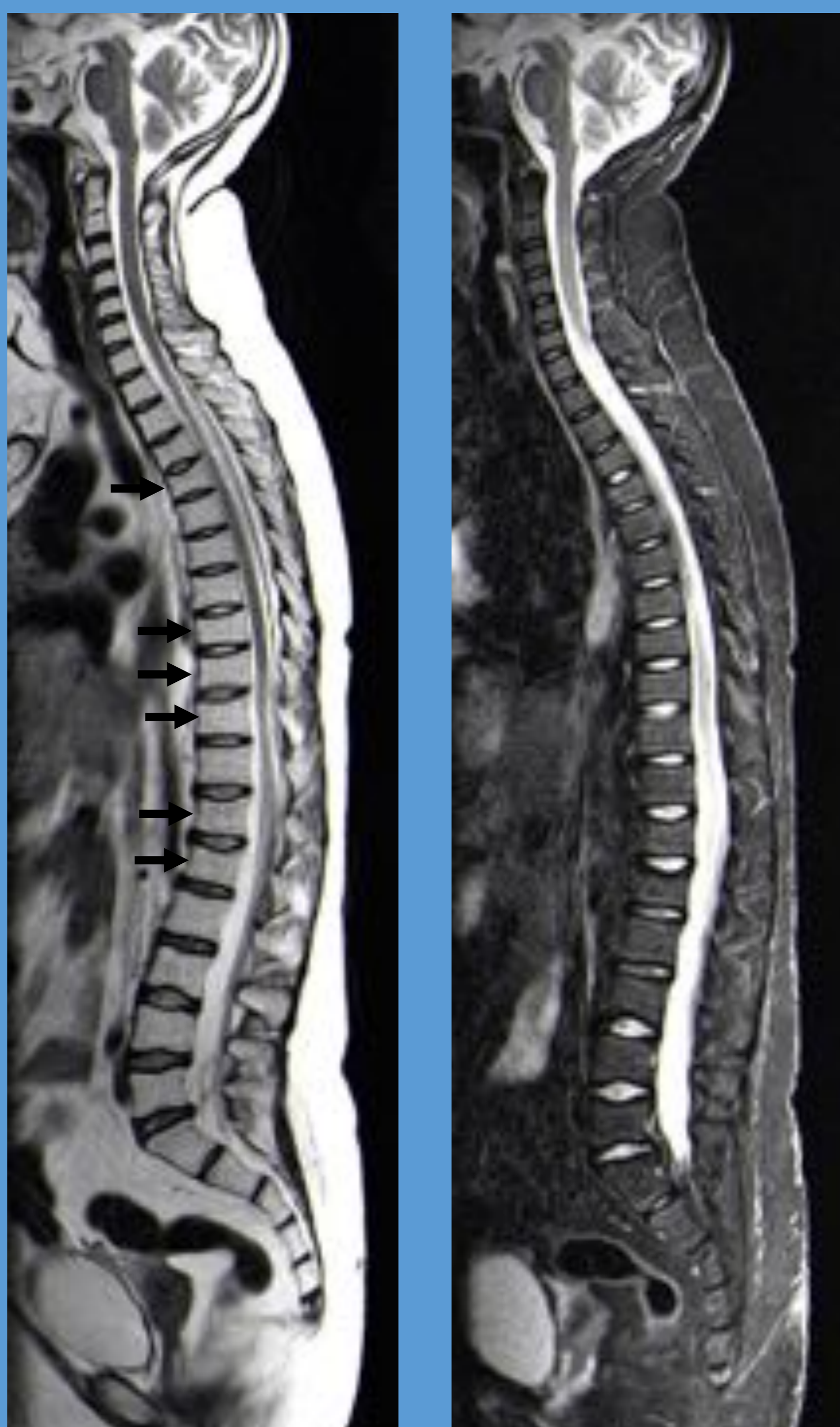
Varón de 11 años, LLA. La m.ó. vertebral presenta una intensidad de señal muy heterogénea en T1 (a) y STIR durante el tratamiento inicial y tras finalizar éste presenta una conversión completa y difusa (c).



- **Trasplante de médula ósea:** consiste en la ablación de la m.ó. del paciente e infusión de células precursoras, autólogas o alogénicas, para reconstituir la m.ó.
  - ✓ 2-4ª semana: patrón en banda periférica ligeramente hiperintensa en T1, que traduce la repoblación por células hematopoyéticas a lo largo de los sinusoides.
  - ✓ En otras áreas puede aparecer un patrón parcheado de islotes de m.ó. roja.
  - ✓ Los cambios post-trasplantes se estabilizan sobre los 3 meses y si es exitoso, la m.ó. muestra una hiperintensidad de señal en T1 mayor que la del grupo de edad del paciente.



15 años, LLA en tratamiento. La m.ó. presenta una intensidad de señal muy heterogénea en todas las secuencias, con unas bandas periféricas adyacentes a los platillos vertebrales ligeramente hiperintensas en STIR (b) que corresponden con la repoblación por células hematopoyéticas.



18 años, LLA, control de RM tras finalizar el tratamiento. La m.ó. es isointensa con respecto al tejido adiposo subcutáneo en todas las secuencias, mostrándose marcada y homogéneamente hiperintensa en T1. Existen varios aplastamientos parciales vertebrales como secuela (flechas).

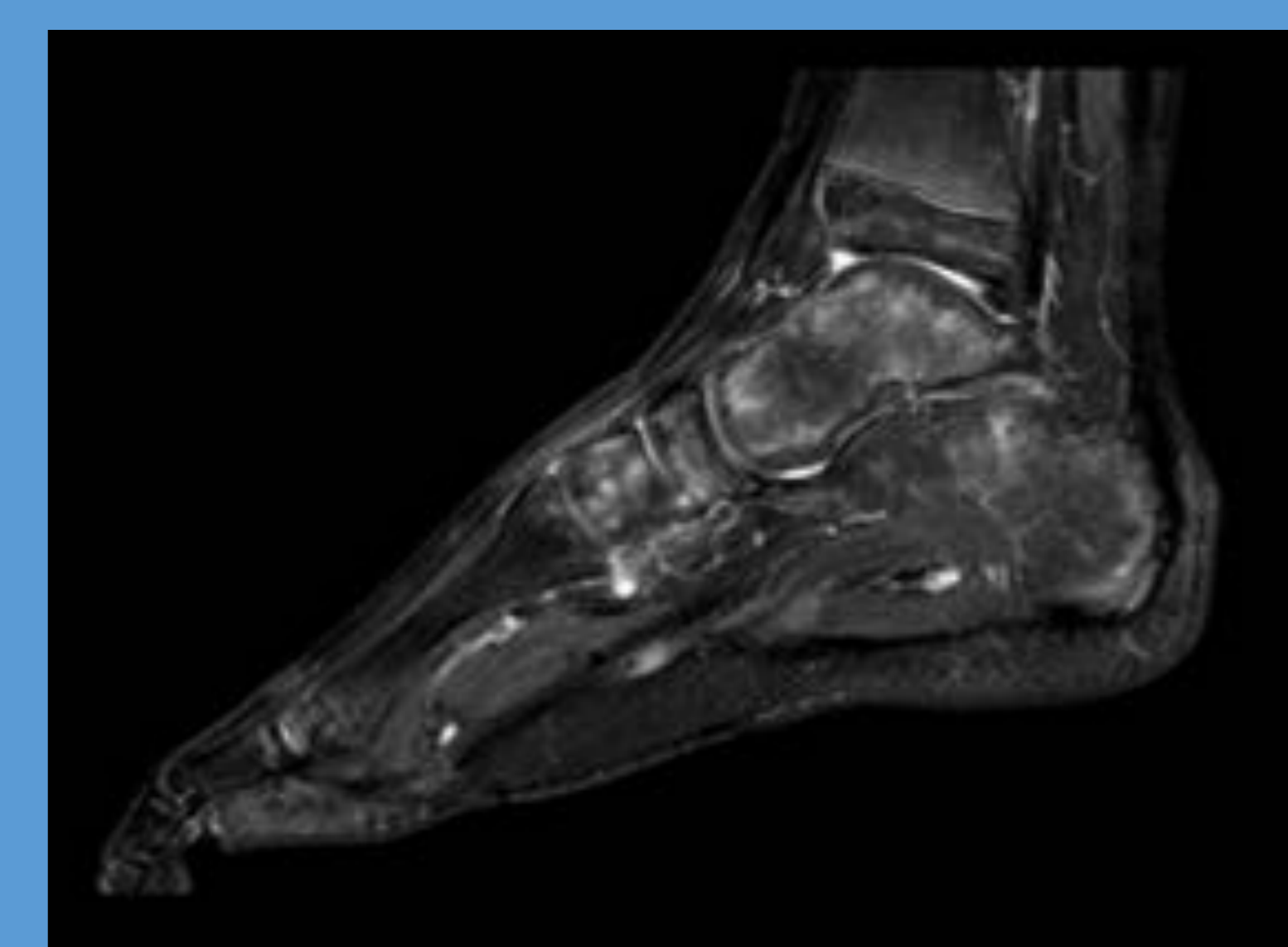
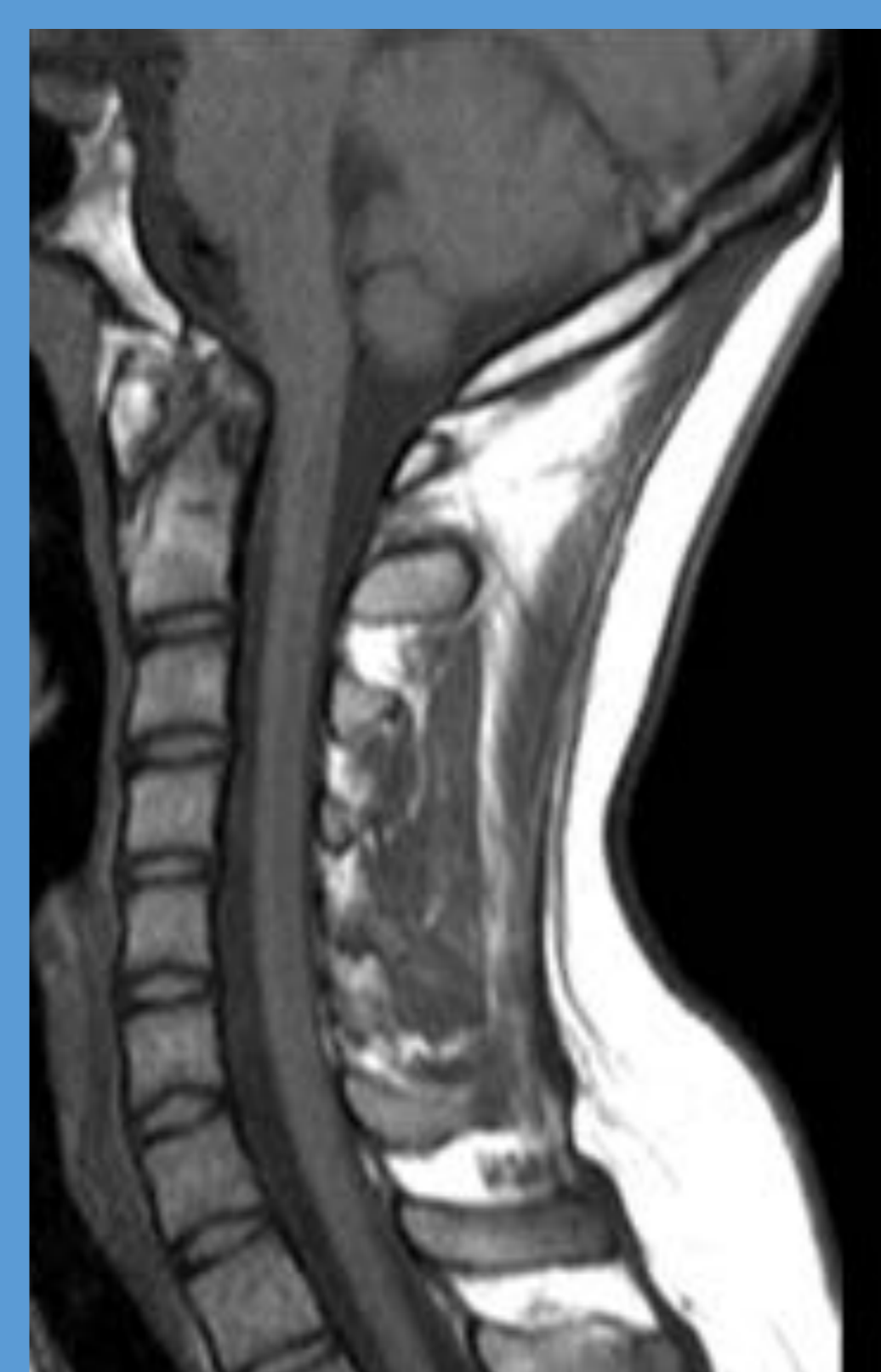
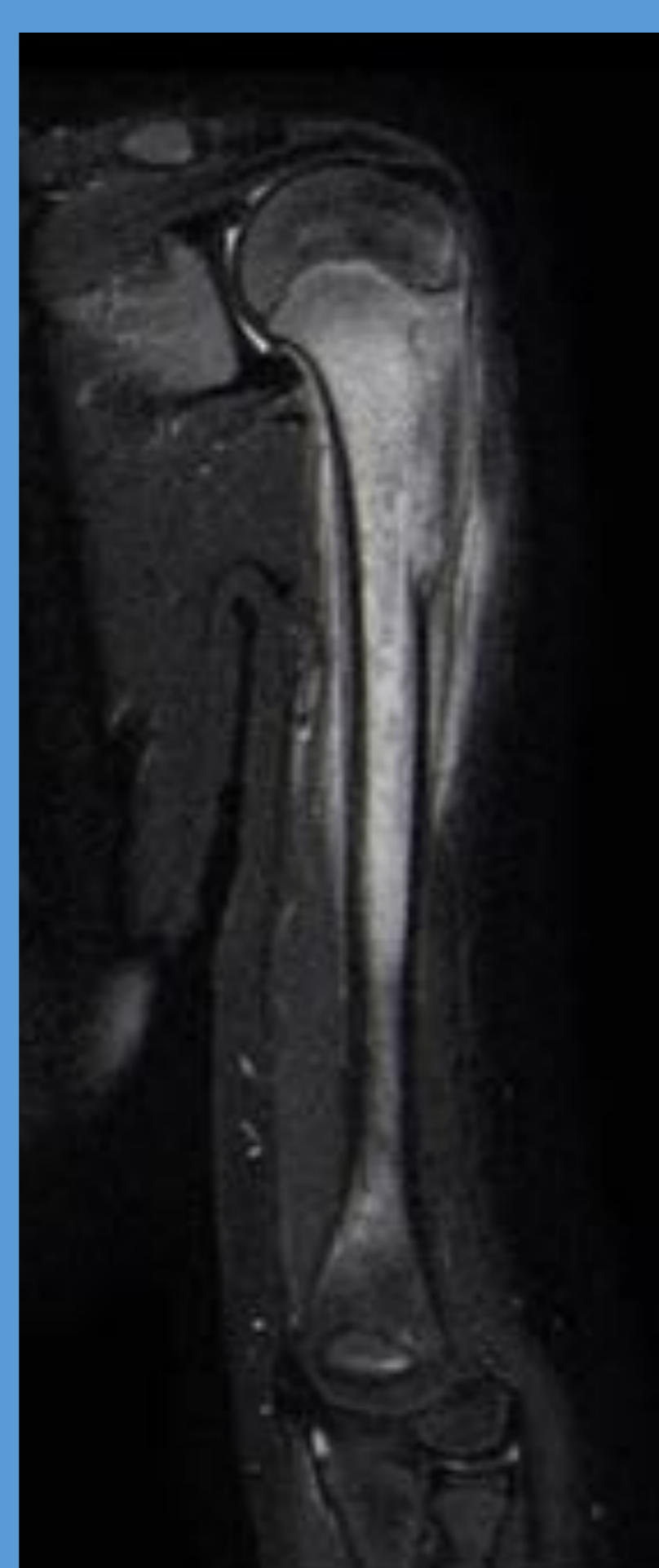
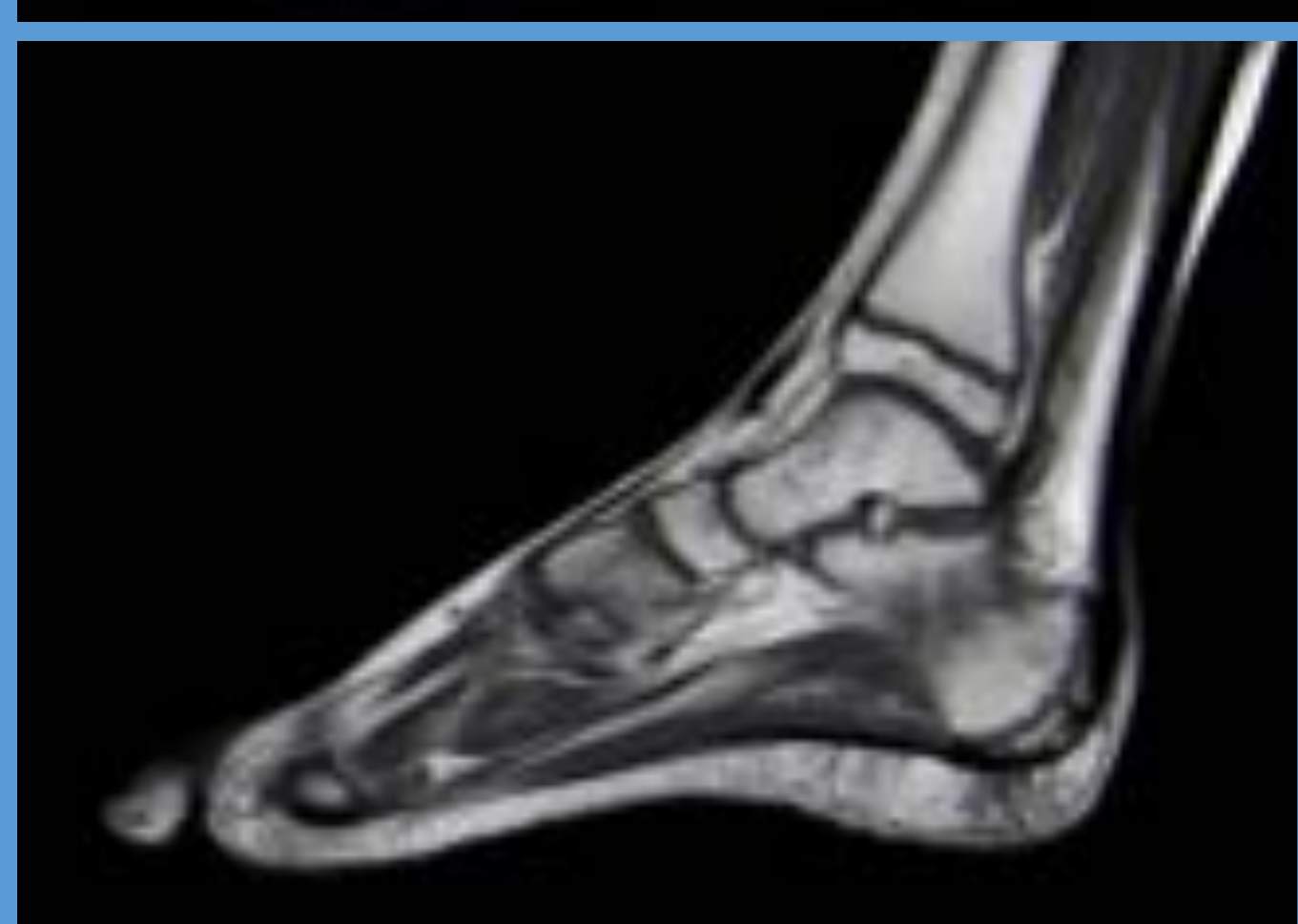
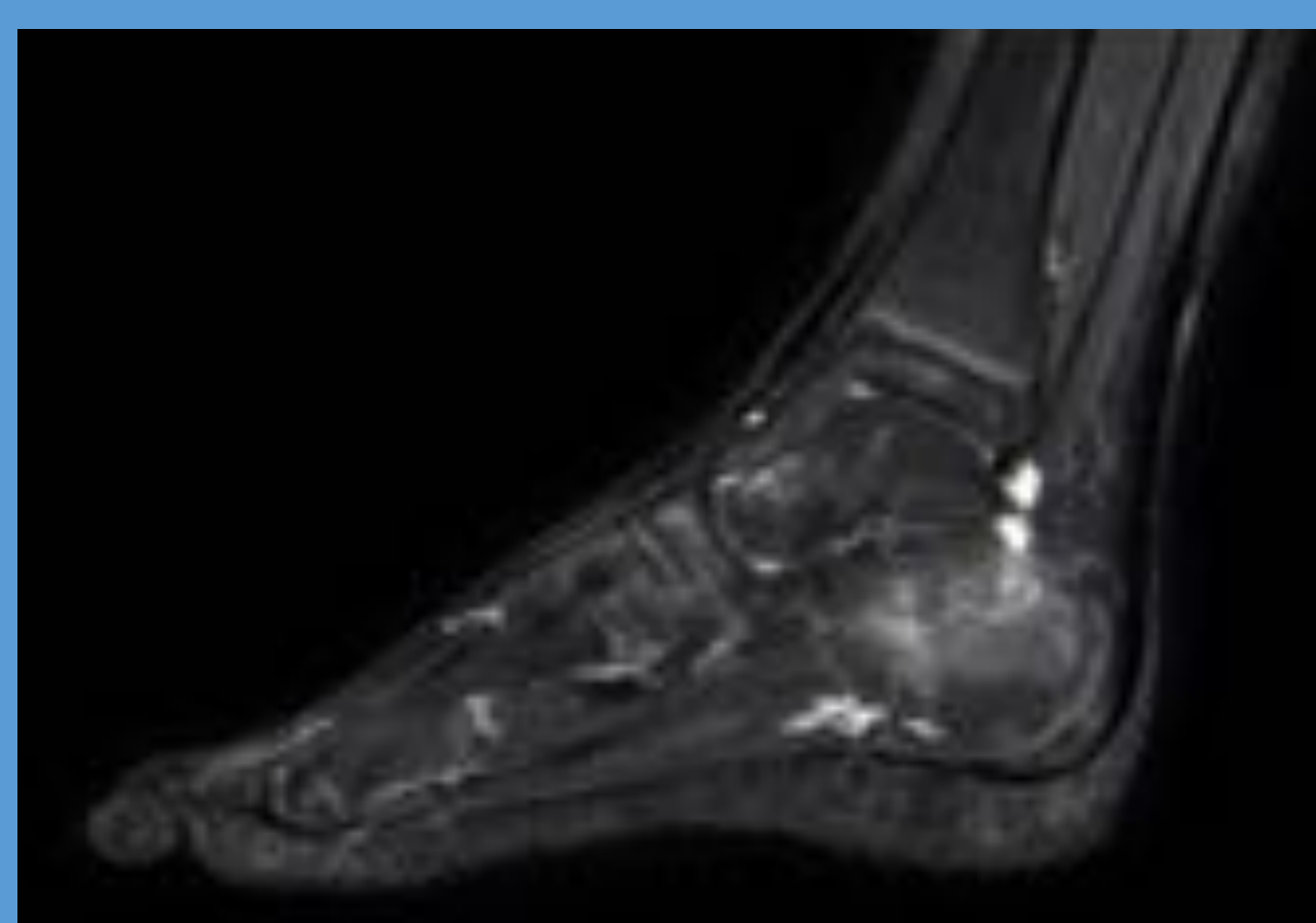




## Reemplazamiento no neoplásico

- Es producido por un conjunto de procesos que pueden producir una alteración en la m.ó., mostrándose hipointensa en las secuencias potenciadas en T1 e hiperintensa en las secuencias sensibles al líquido, al que se hace referencia como “patrón de edema de la m.ó.”
- En realidad, histopatológicamente se corresponde con una combinación de hemorragia, fibrosis y/o necrosis, por lo que el término correcto sería “patrón edema-like”.
- Los hallazgos en RM se solapan por lo que es necesaria la integración con la historia clínica, los datos de laboratorio y el estudio histológico para llegar a un diagnóstico definitivo.

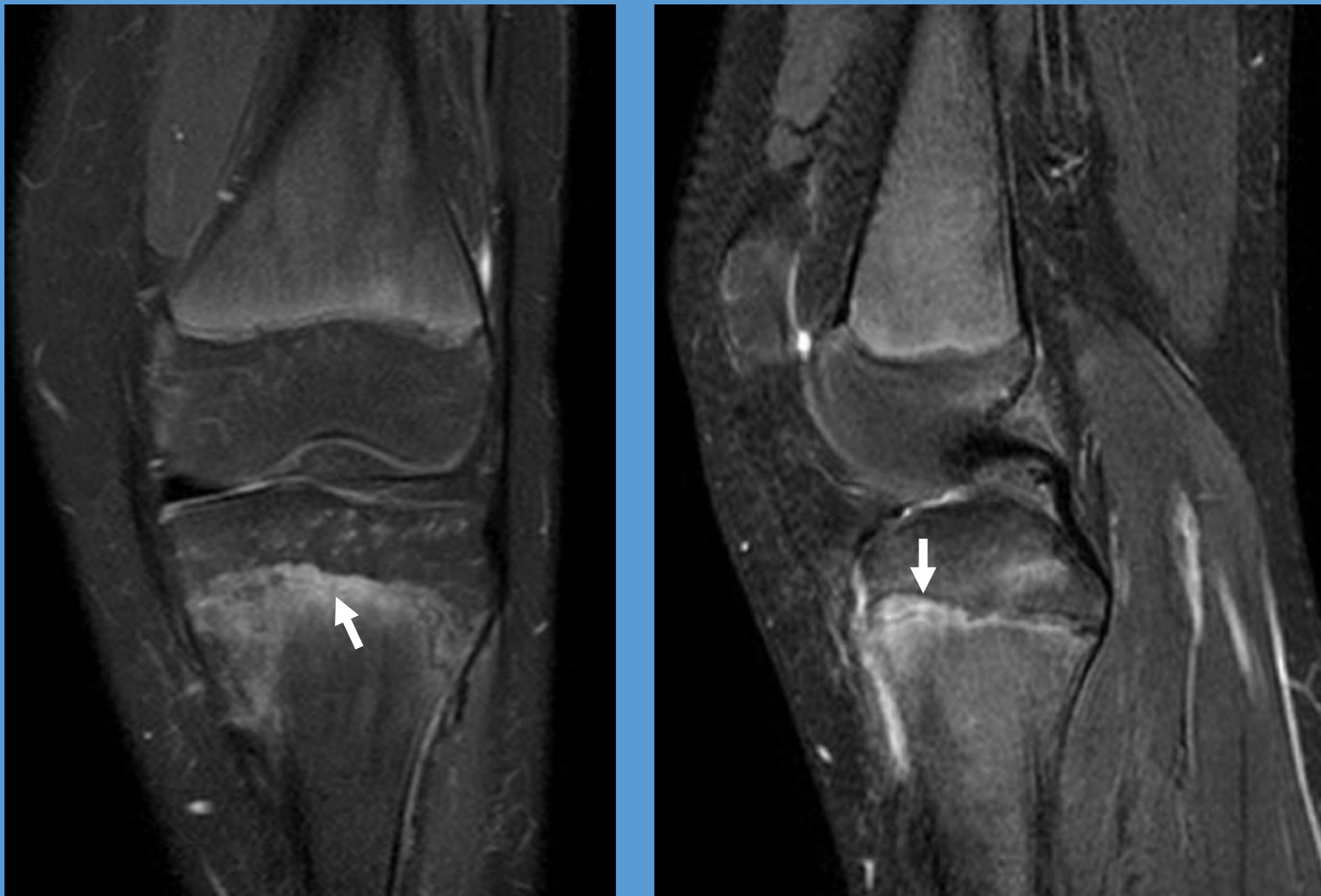
1. Fracturas (fracturas de estrés, fracturas fisarias)
2. Osteomielitis
3. Osteomielitis crónica multifocal recurrente (OCMR)
4. Artritis idiopática juvenil (AIJ)
5. Alteración biomecánica
6. Síndromes de edema de m.ó.





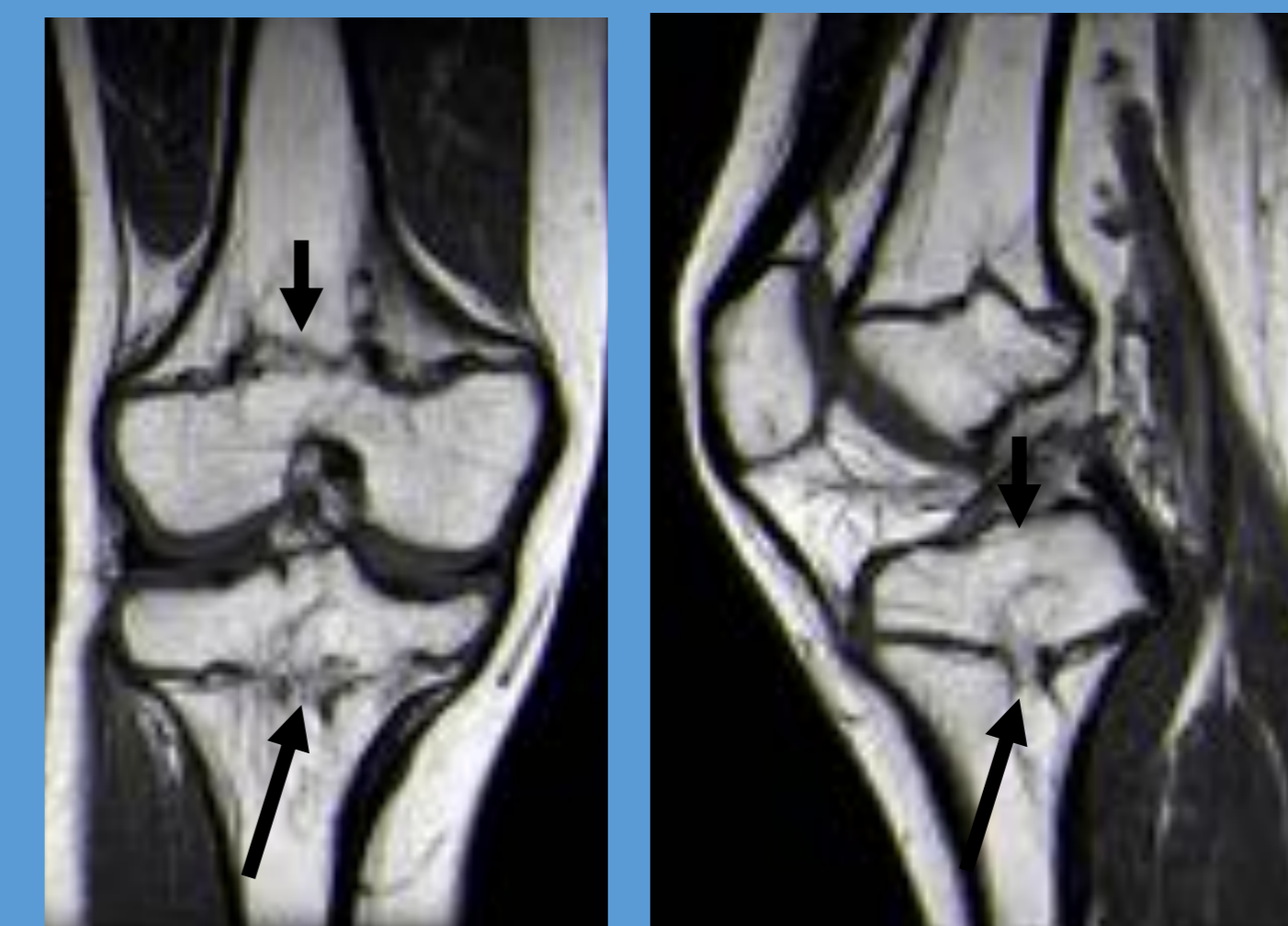
## 1. Fracturas:

- El espectro lesional abarca desde la fractura y la contusión ósea (microfractura trabecular) hasta el microtrauma crónico por sobrecarga.
- La alteración en la m.ó. consiste en una mezcla de edema y hemorragia que se manifiesta con hipointensidad en las secuencias T1 e hiperintensidad de señal en las secuencias sensibles al líquido.
- Existen dos tipos de lesiones características:
  - 1. Fracturas fisarias:** las fisis son un punto de mayor debilidad en el esqueleto inmaduro y por tanto, susceptible a la lesión. Puede ser aguda por traumatismo intenso o crónica por microtraumatismos repetidos.



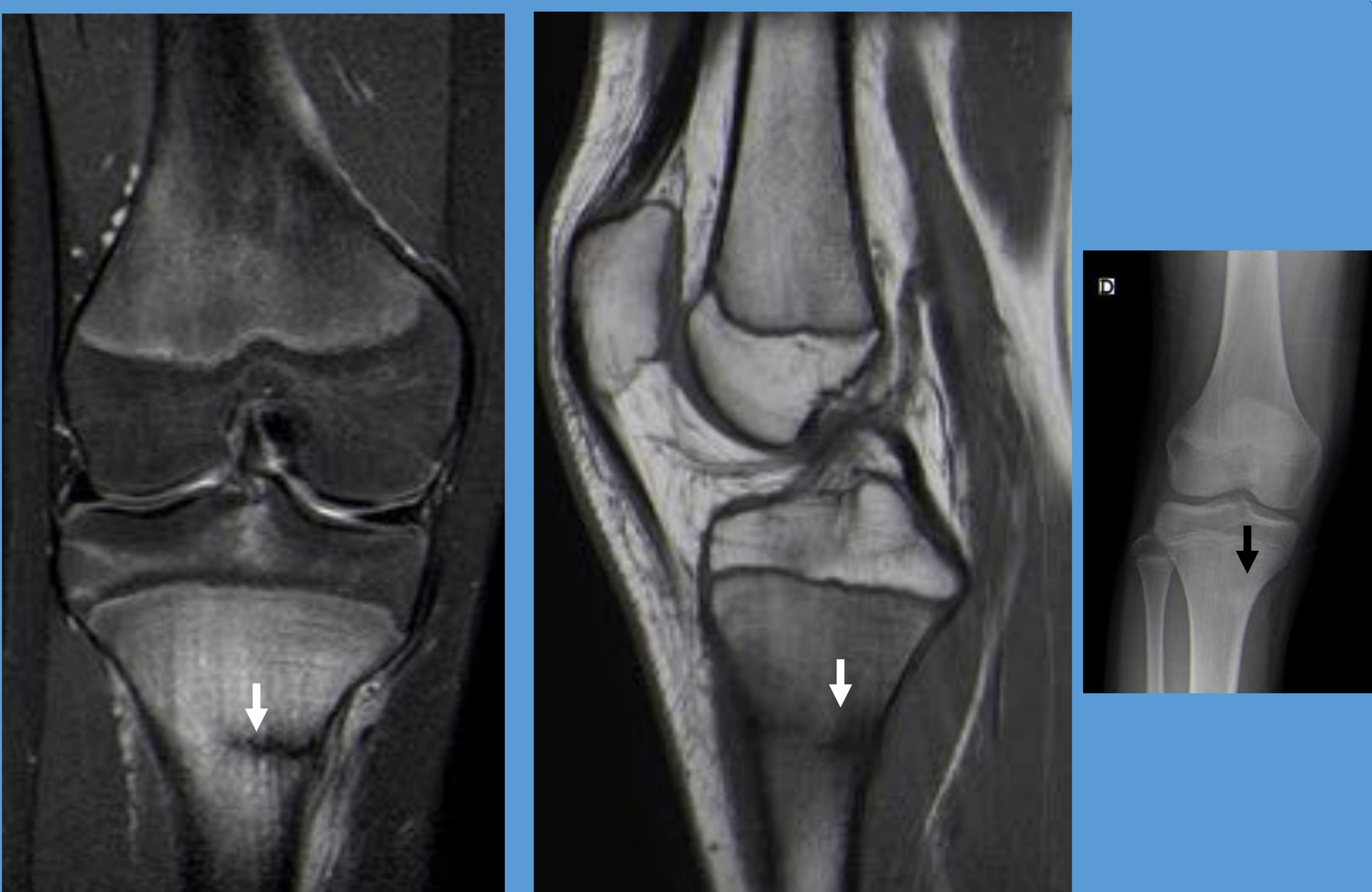
Ensanchamiento focal (flechas) de la fisis proximal femoral e hiperintensidad de señal, asociado a edema de la m.ó. adyacente

Puede comprometer el crecimiento óseo por la formación de un puente fisario que detiene el crecimiento



Consiste en la interrupción del cartílago fisario por una banda ósea, isointensa con respecto a la médula ósea (flechas)

- 2. Fracturas de estrés:** producidas por microtraumatismos repetidos. Existen localizaciones características, como la metáfisis proximal de la tibia y el peroné y la pars interarticularis vertebral.

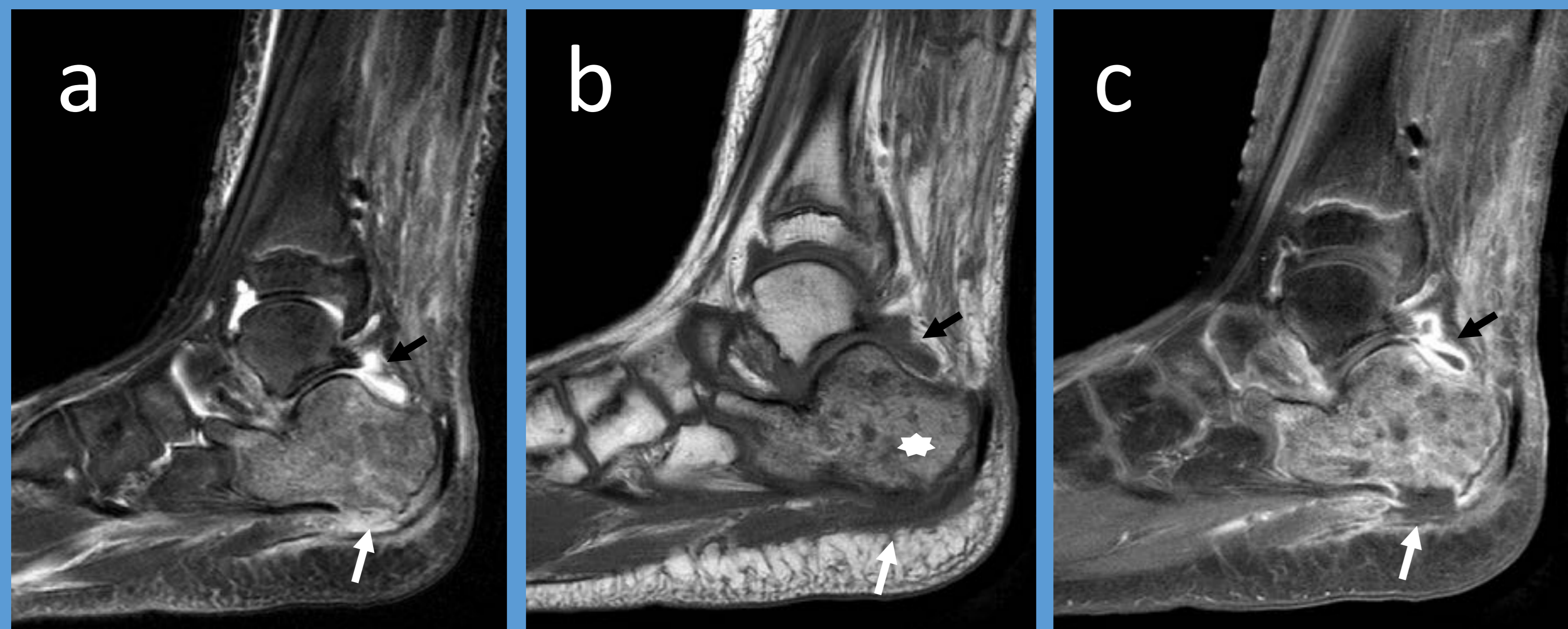


Se manifiesta como una imagen lineal hipointensa (flechas blancas) en todas las secuencias rodeada por edema en la m.ó. circundante, y en la fase de consolidación muestra esclerosis en la radiografía convencional (flecha negra)



## 2.Osteomielitis

- Es más frecuente en los preescolares.
- Las localizaciones más frecuentes son fémur, pelvis, tibia y húmero.
- Los gérmenes habituales son *Staphylococcus aureus* y la *Kingella kingae* (especialmente en menores de 4 años).
- La vía más común es la hematógena, por lo que la lesión suele asentar en las metáfisis debido a su vascularización.
- La RM es más sensible que la radiografía convencional, ésta es negativa habitualmente durante las dos primeras semanas del proceso.
- La infección ósea puede extenderse a estructuras de vecindad, originando un absceso subperióstico, artritis o miositis adyacentes.
- La alteración en la m.ó es debida a la existencia de células inflamatorias y respuesta ante éstas. Produce un patrón difuso de reemplazamiento de la m.ó., heterogéneamente hipointenso en T1, hiperintenso en las secuencias sensibles al líquido y con realce marcado, excepto en focos de abscesificación o infarto óseo.



Alteración difusa y heterogénea de la m.ó. del calcáneo: hiperintensa en T2 DIXON (a), hipointensa en T1 (b) y con realce importante y heterogéneo (c). Asocia derrame articular (flecha negra) y absceso de partes blandas plantar (flecha blanca). En la secuencia T1 se identifican focos de grasa incluidos en la alteración de la m.ó. del calcáneo (estrella), que apoyan el diagnóstico de osteomielitis.

Puede simular reemplazamiento neoplásico, los signos en RM que apoyan el diagnóstico de osteomielitis son:

1. Bordes mal definidos de la alteración de la m.ó
2. Lóbulos grasos incluidos en la lesión de la m.ó
3. Absceso de partes blandas asociado

Si la RM no muestra alteración, la administración de contraste intravenoso no aporta información adicional salvo ante la sospecha de afectación del cartílago epifisario o de absceso intrarraquídeo en la espondilodiscitis



### 3. Osteomielitis crónica multifocal recurrente (OCMR)

- Proceso autoinmune, cuyo diagnóstico es de exclusión y se basa en la combinación de un cuadro clínico compatible, prolongado o recurrente, datos de laboratorio similares a la osteomielitis pero sin microorganismo identificable, manifestaciones en imagen sospechosas, no respuesta a antibióticos y sí a tratamiento antiinflamatorio.
- Comportamiento variable por imagen pero frecuentemente localizado en las metáfisis de huesos largos, bilateral, simétrico y sincrónico. También puede afectar a la columna vertebral y el tercio medial de la clavícula es una localización característica.
- En la radiografía convencional puede presentar un aspecto agresivo que simule malignidad, sobre todo en la fase aguda, o bien mostrar un aspecto mixto (lítico-esclerótico), más frecuente en la fase de resolución.
- La RM es más sensible para detectar enfermedad activa que se manifiesta como edema de la m.ó., mientras que las lesiones quiescentes son hipointensas en todas las secuencias.

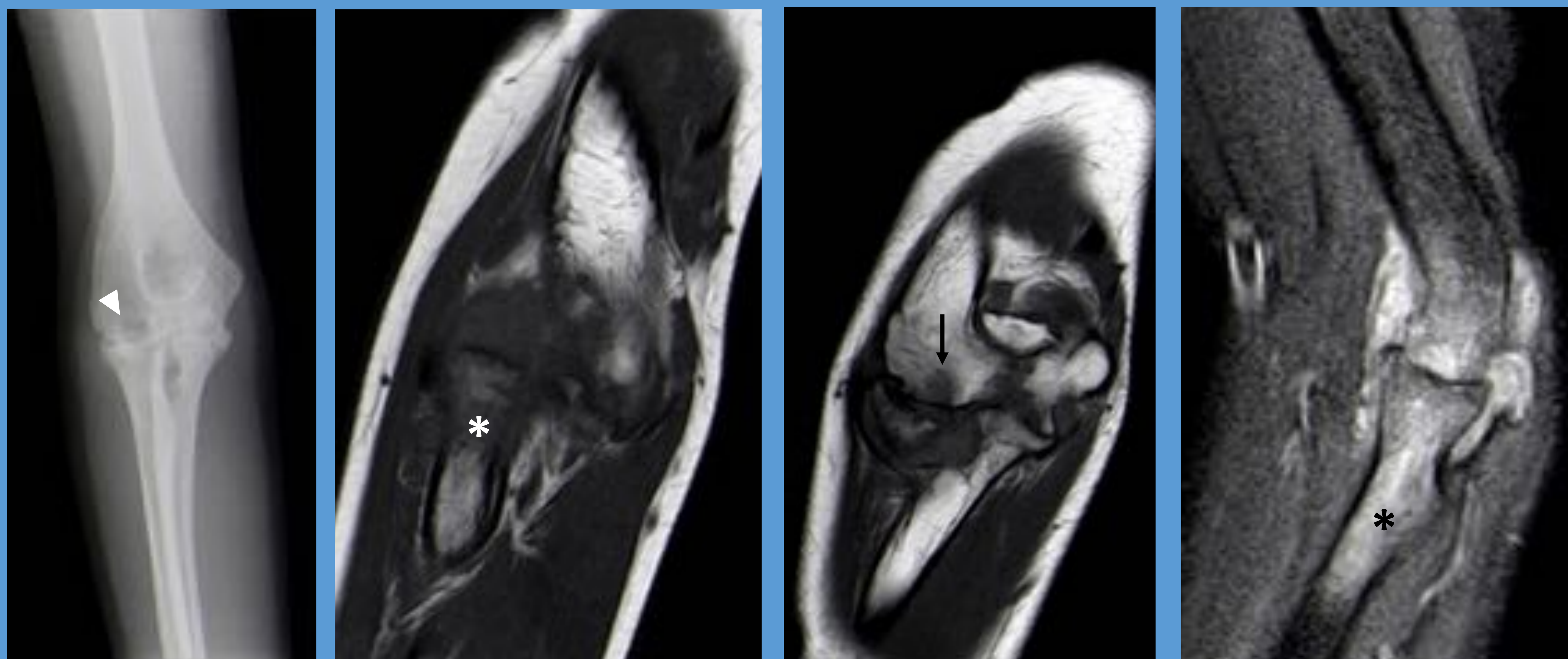


Varón de 11 años, gonalgia bilateral de semanas de evolución. Radiografía convencional sin hallazgos. La RM de extremidades inferiores muestra múltiples focos metafisarios bilaterales y simétricos en tibiae y la epífisis proximal y distal de la tibia izquierda. Son hipointensos en T1 (a) e hiperintensos en T2 DIXON (b), bien delimitados. En un detalle de la RM de cuerpo entero con secuencia STIR en plano coronal(c) se demuestra un foco de afectación en el tercio medial de la clavícula derecha (flecha).



## 4. Artritis idiopática juvenil (AIJ)

- Grupo heterogéneo de artritis inflamatorias que debuta antes de los 16 años y los síntomas duran más de 6 meses.
- Localizaciones más típicas: rodilla, tobillo, muñeca, mano, codo, cadera.
- La inflamación empieza periféricamente en el cartílago epifisario y avanza centripetamente, produce atrofia/ hipertrofia y alteración en la alineación articular. El espacio articular se estrecha precozmente, asocia erosiones subcondrales y evoluciona a la anquilosis.
- La RM es muy sensible para en las fases iniciales para detectar edema y sinovitis, así como para evaluar la respuesta al tratamiento y detectar complicaciones, antes que la radiografía convencional

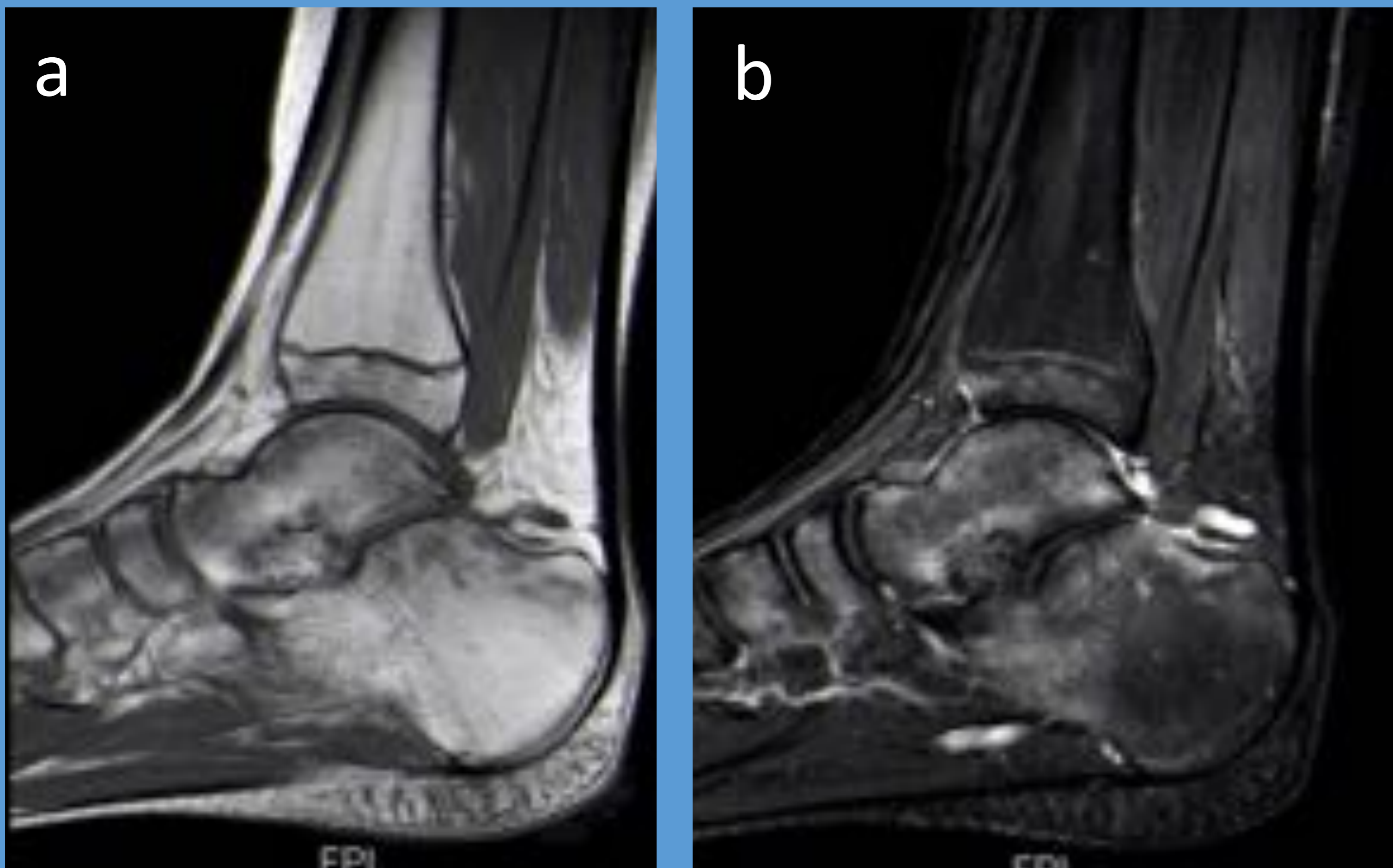


AIJ con afectación del codo en paciente de 16 años, en la radiografía se observa severo estrechamiento del espacio articular asociado a erosiones subcondrales en el húmero (punta de flecha). La RM muestra la extensión del edema de la m.ó. adyacente, hipointenso en T1 (asterisco) e hiperintenso en secuencia STIR (asterisco negro), así como las erosiones óseas detectadas por la radiografía (flecha negra)



## 5.Alteración biomecánica

- En la RM se observa una alteración inespecífica de la m.ó. pero la clave es la relación con un inmovilización prolongada o una alteración en la carga durante la marcha.
- Generalmente asintomática.
- Se identifica en RM como múltiples focos parcheados de edema afectando a los huesos del tarso y /o del pie, relacionado con osteopenia y/o microfracturas.



Niño de 10 años que presenta dolor sin limitación, tras esguince de tobillo 2 semanas antes. Se realiza RM de tobillo en la se observa una alteración parcheada de la m.ó. de los huesos del tarso, mostrando múltiples focos levemente hipointensos en T1 (a) e hiperintensos en T2 DIXON (b), compatibles con hiperplasia de la m.ó. roja perivascular en relación con alteración de la biomécánica tras el esguince de tobillo referido



Se debe hacer el diagnóstico diferencial con la m.ó. hematopoyética residual en adolescentes, que frecuentemente es bilateral y simétrica



## 6. Síndromes de edema óseo

- En la edad pediátrica están representados por el **síndrome de dolor crónico regional**.
- Tiene predilección por los adolescentes.
- Típicamente se desencadena por una fractura ( 40% casos), aunque también puede desencadenarlo un traumatismo cerrado o una cirugía.
- Se hipotetiza que es debido a una hiperalgesia secundaria a la estimulación de los receptores nociceptivos regionales por la respuesta inflamatoria o inmune generada por el agente desencadenante.
- Existe una disfunción simpática que se manifiesta clínicamente con discoloración cutánea, hiperhidrosis, cambios de temperatura y edema. En fase crónica puede producir impotencia funcional y contractura muscular.
- Es 5 veces más frecuente en extremidades inferiores que en superiores.
- La RM en la fase aguda muestra un patrón de edema medular parcheado subcortical extenso, asociado a edema de partes blandas adyacentes, derrame articular...aunque en ocasiones, sólo presenta la alteración de partes blandas. En fase crónica se muestra como atrofia de los tejido blandos periarticulares.
- El tratamiento es complejo y la resolución variable.



Paciente de 15 años con antecedente de fractura del 5º metatarsiano. Posteriormente sufre dolor persistente en el tobillo que limita su actividad deportiva. La RM demuestra un patrón parcheado de edema en los huesos del tarso y las epífisis distales de la tibia y el peroné, así como un sutil engrosamiento e hiperintensidad de señal del ligamento peroneoastragalino posterior (flecha)

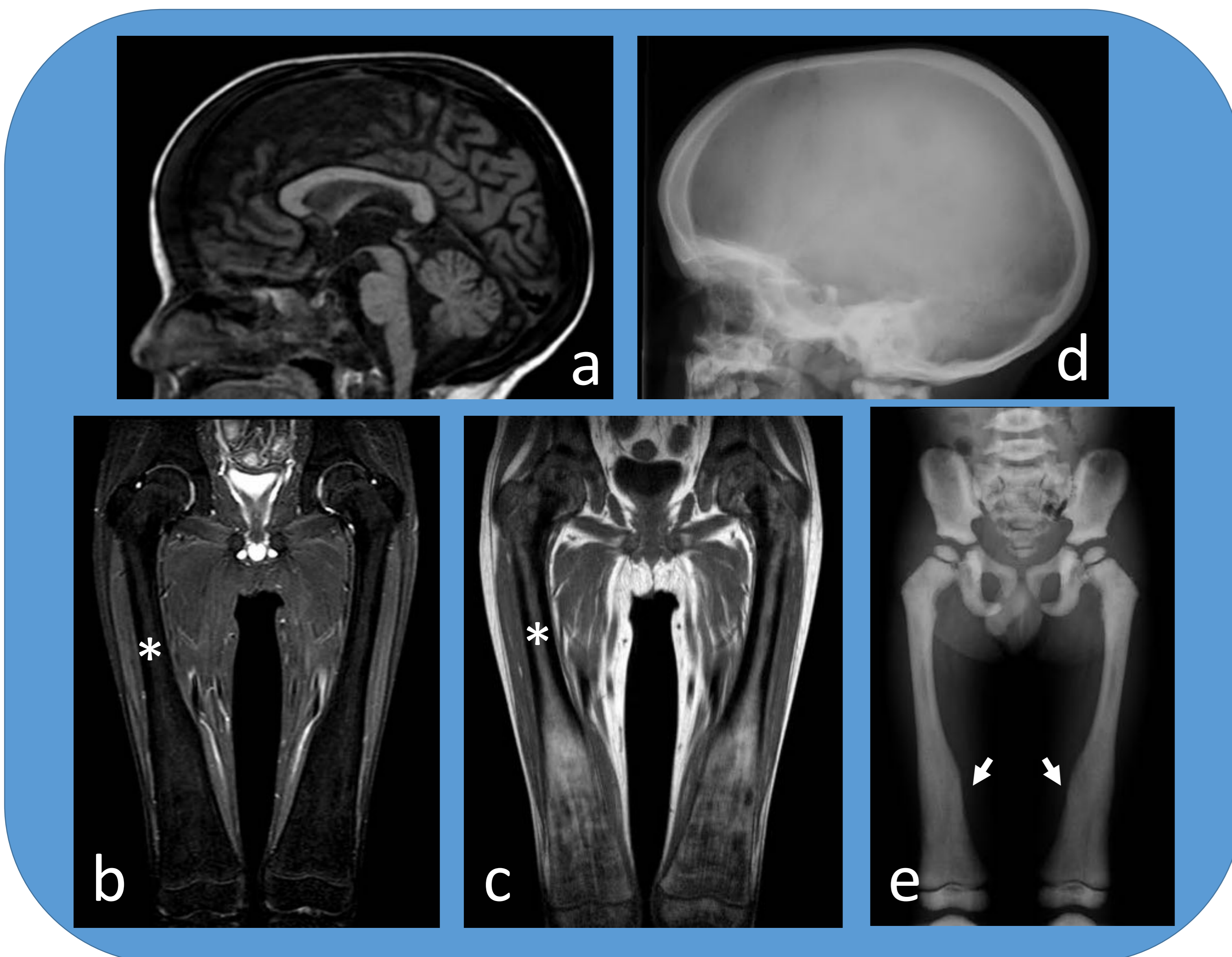


## Otros

Existen más patologías que pueden alterar la intensidad de señal de la m.ó. y dar lugar a patrones diferentes en la imagen de RM, que no encajan exactamente con los descritos hasta ahora.

Son procesos infrecuentes bien por la baja prevalencia como tal de la enfermedad, por ejemplo la osteopetrosis, o bien por la excepcionalidad de la severa afectación de la m.ó., como en la anorexia nerviosa.

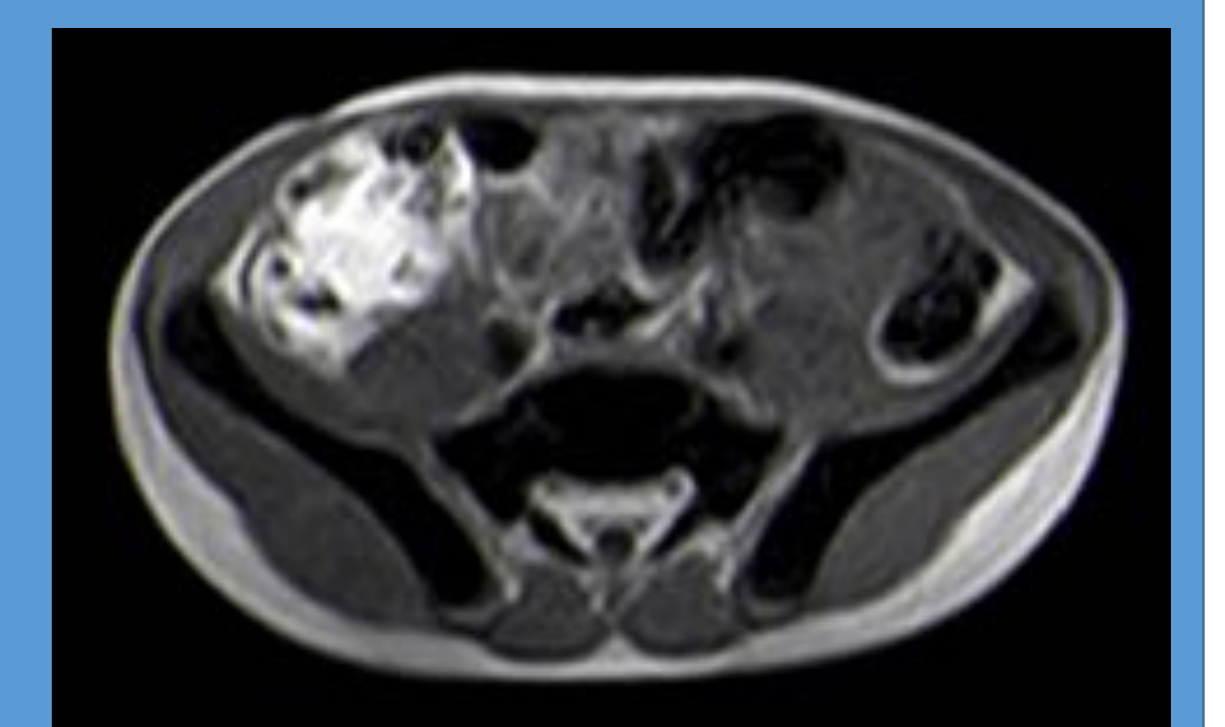
- **Osteopetrosis:** es una enfermedad rara ósea congénita originada por una alteración funcional en los osteoclastos que imposibilita la reabsorción ósea normal, produciendo un aumento de la densidad mineral y esclerosis ósea. Tiene una gran variabilidad clínica y manifestaciones radiológicas características con esclerosis ósea severa, que en la RM se manifiesta con una llamativa hipointensidad ósea difusa.



Osteopetrosis tardía. En la RM craneal (a) y de extremidades inferiores (b y c) se observa un llamativo engrosamiento difuso de la cortical ósea con estrechamiento de la cavidad medular (asteriscos) e hipointensidad difusa de la m.ó. En las radiografías se correlaciona con una severa esclerosis ósea generalizada y ensanchamiento diafiso-metafisario distal femoral bilateral (flechas).

- Existen otras patologías que pueden producir un patrón similar m.ó. con hipointensidad de señal difusa y severa en todas las secuencias de pulso, por diferentes procesos como el depósito de hierro en la hemosiderosis, el acúmulo de glucocerebrósido lisosomal en la enfermedad de Gaucher o la fibrosis en la mielofibrosis.

Detalle de RM abdominal en un paciente con Betatalasemia, que muestra una severa hipointensidad de señal de la m.ó. vertebral y pélvica en todas las secuencias

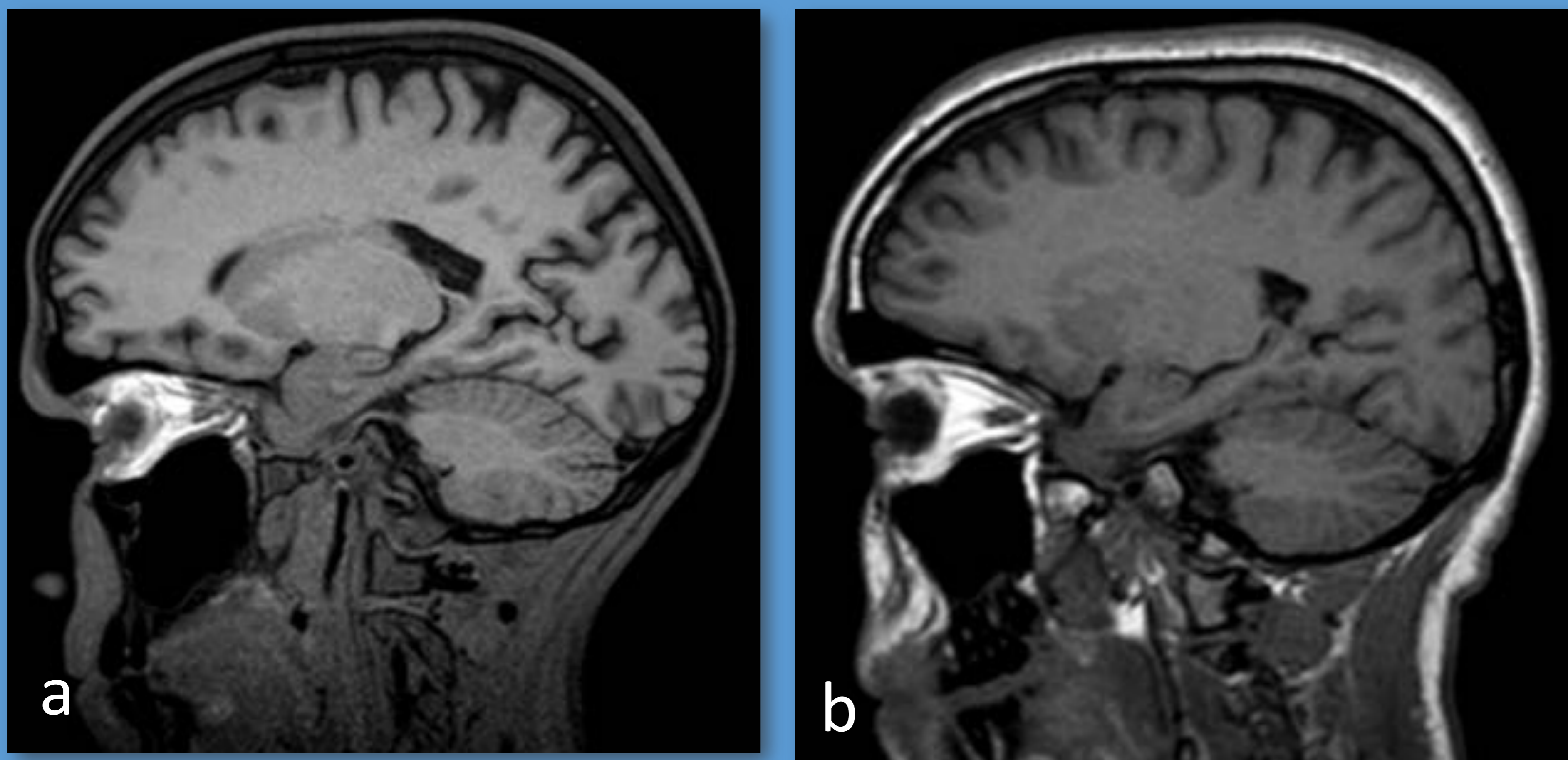






- **Anorexia nerviosa:** trastorno de la conducta alimentaria con afectación multisistémica que puede afectar a la m.ó. Se han descrito dos tipos de alteraciones: una aceleración en la conversión de la m.ó. por aumento del contenido graso medular cuando existe depleción de la grasa corporal y una alteración denominada “degeneración gelatinosa” cuando la enfermedad progresa y se observa una ligera hiperintensidad de la m.ó. en las secuencias sensibles al líquido.

Puede mostrar además un efecto “pseudo-supresión grasa” con hipointensidad señal del tejido adiposo subcutáneo.



RM craneal de paciente con anorexia nerviosa. Al diagnóstico (a) se aprecia una disminución en la intensidad de señal difusa de la m.ó. craneal y vertebral en una secuencia T1, nótese que únicamente se mantiene la grasa orbitaria. En un control de RM durante el tratamiento se identifica la recuperación de la señal del tejido adiposo subcutáneo y de la m.ó.

- **Síndrome falángico microgeóxico:** es una osteólisis primaria poco frecuente caracterizada por múltiples lesiones osteolíticas pequeñas y esclerosis de las falanges de una o ambas manos, así como edema y enrojecimiento de las falanges. Es un proceso benigno, autolimitado y puede estar relacionado con la exposición al frío.



RM de la mano derecha de paciente de 16 años diagnosticado de síndrome falángico microgeóxico. Presenta alteración en la intensidad de señal de la m.ó. de la segunda falange de los dedos (flechas), marcadamente hiperintensa en STIR (a) e hipointensa en T1 (b), sin otras alteraciones asociadas.



## Conclusiones:

- La RM es una técnica excelente para el estudio de la m.ó.
- Es muy sensible para la detección de alteraciones de la m.ó.
- La m.ó. es un órgano dinámico, que se modifica fisiológicamente a lo largo de la vida.
- El patrón de maduración de la m.ó. es conocido y predecible.
- **Cualquier desviación de ese patrón debe investigarse.**
- Existen patrones de alteración de la m.ó. descritos, frecuentes y reconocibles por RM.
- Ante solapamiento de hallazgos en RM, la valoración con en contexto clínico, las técnicas de laboratorio y ocasionalmente la biopsia, son necesarios para el diagnóstico definitivo.



## Referencias:

1. Chan B.Y, Gill K.G, Rebsamen S.I, Nguyen J.C. MR Imaging of Pediatric Bone Marrow. RadioGraphics. 2016;36:1911-1920.  
[doi.10.1148/rg.2016160056](https://doi.org/10.1148/rg.2016160056)
2. Patel M.D, Brian J, Chauvin N.A. Pearls and pitfalls in Imaging Bone Marrow in Pediatric Patients. Semin Ultrasound CT MRI.2020;41:472-487.[doi: 10.1053/j.sult.2020.05.012](https://doi.org/10.1053/j.sult.2020.05.012)
3. Person A, Janitz E, Thapa M. Pediatric Bone Marrow: Normal and Abnormal MRI Apperance.SeminRoentgenol.2021;56:325-337.  
[doi.10.1053/j.ro.2021.05.002](https://doi.org/10.1053/j.ro.2021.05.002)
4. Raissaki M., Demeirtriou S, Spanakis K, Skiadas C, Katzilakis N, Velivassakis et al. Multifocal bone and bone marrow lesions in children- MRI findings. Pediatr Radiol.2017;:47:342-360. [doi: 10.1007/s00247-016-3737-1](https://doi.org/10.1007/s00247-016-3737-1)
5. De Lima Augusto A.C, Kuenzes Goes P.C, Flores D.V, Costa M.A; Takahashi M.S, Rodrigues A.G et al. Imaging Review of Normal and Abnormal Skeletal Maturation. RadioGraphics. Published Online: Feb 25 2022.  
<https://doi.org/10.1148/rg.210088>