

Más que edema: análisis sistemático del edema óseo como marcador de lesiones en el traumatismo de rodilla

Andreu Palacios Martínez; Cristina Biosca Calabuig; Juan Ignacio Cervera Miguel; Eduardo Millan Soriano; Madalina Scurt; Alberto Díaz Herrero.

Hospital Clínic Universitari de València

Objetivos docentes

- **Objetivo principal:** Revisar los principales patrones de contusión ósea en la rodilla identificables mediante RM en el contexto de traumatismo agudo.
 - **Objetivos específicos:**
 - Analizar la correlación entre patrones de edema óseo y mecanismos lesionales.
 - Identificar lesiones de partes blandas asociadas a cada patrón.
 - Ofrecer un enfoque sistemático para la interpretación radiológica.
 - Mejorar la orientación diagnóstica y planificación terapéutica.
-

Epidemiología

- 93.5% de pacientes con trauma agudo de rodilla presentan lesiones de partes blandas
- 80% de lesiones agudas de rodilla muestran edema óseo en RM
- RM tiene sensibilidad 97% y especificidad 100% para lesiones traumáticas de rodilla



Relevancia clínica

- El edema óseo actúa como "huella digital" del mecanismo lesional
- Permite predecir lesiones de partes blandas asociadas
- Mejora la toma de decisiones quirúrgicas
- Predice desarrollo de artrosis focal a 1 año



Definición y fisiopatología del edema óseo

- **Definición:** Áreas geográficas no lineales de alteración de señal en médula ósea secundarias a trauma
- **Composición histológica:**
 - Hemorragia medular
 - Edema intersticial
 - Lesión microtrabecular
 - Microfracturas subcondrales
- **Apariencia en RM:**
 - Alta señal en secuencias sensibles a líquido (T2, STIR)
 - Baja/intermedia señal en T1
 - Patrón geográfico, no lineal

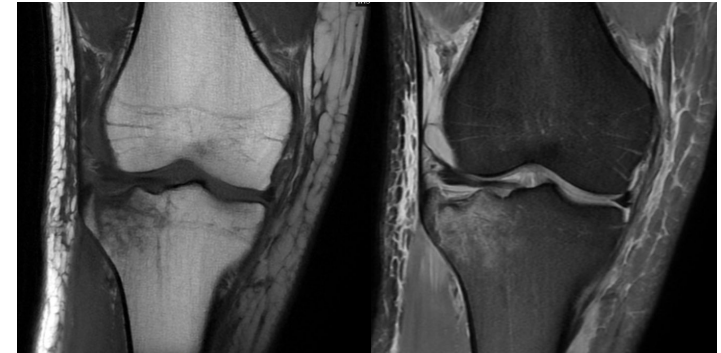
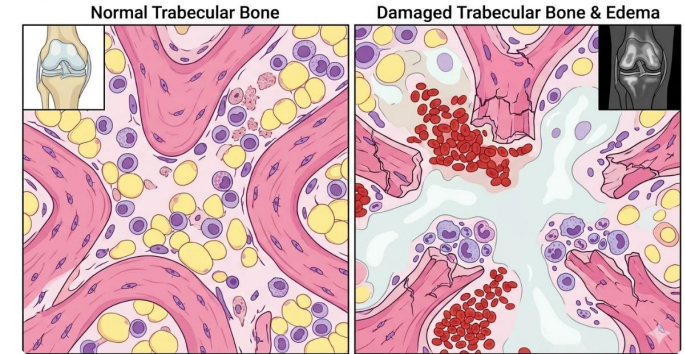
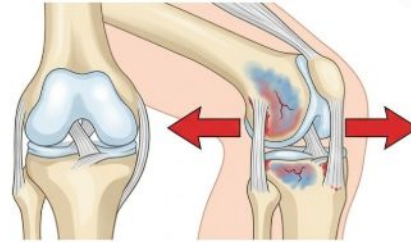
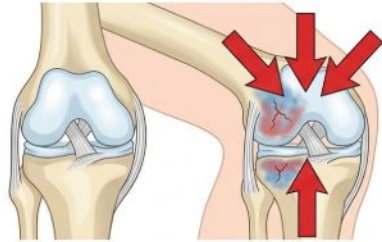


Diagrama de lesión microtrabecular que traduce edema óseo. Cortes coronales T1, DP SG de fractura trabecular de platillo tibial con edema óseo asociado.

Principios biomecánicos

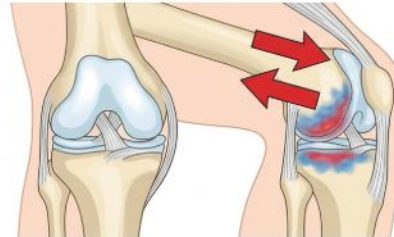
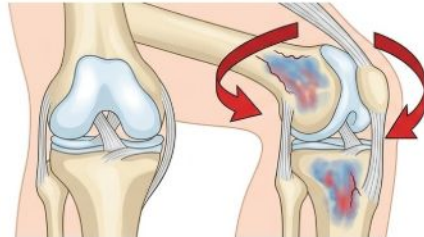
Concepto clave: las contusiones óseas son
“huellas del impacto biomecánico”

Compresión



Distracción

Rotación/
Torsión



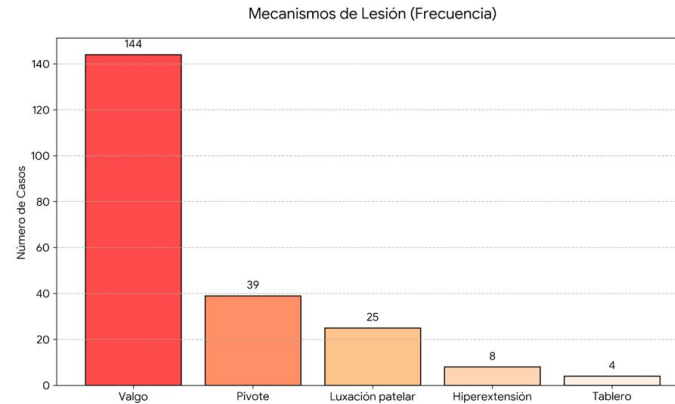
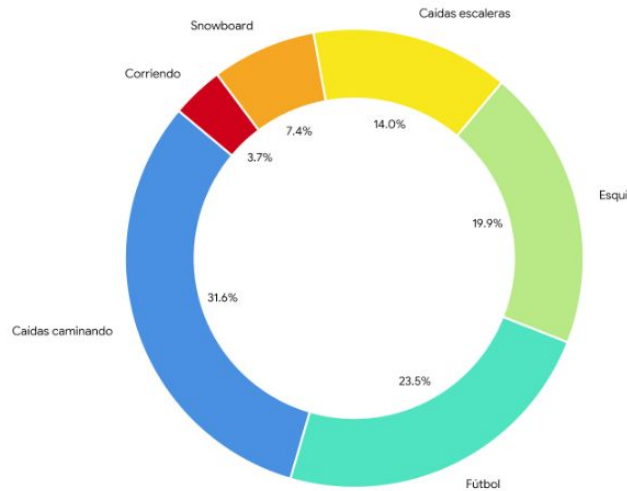
Cizallamiento

Principio fundamental: La localización y morfología del edema permiten inferir el tipo de fuerza aplicada y lesiones asociadas

Principios biomecánicos

Distinguimos **5 mecanismos lesionales**:

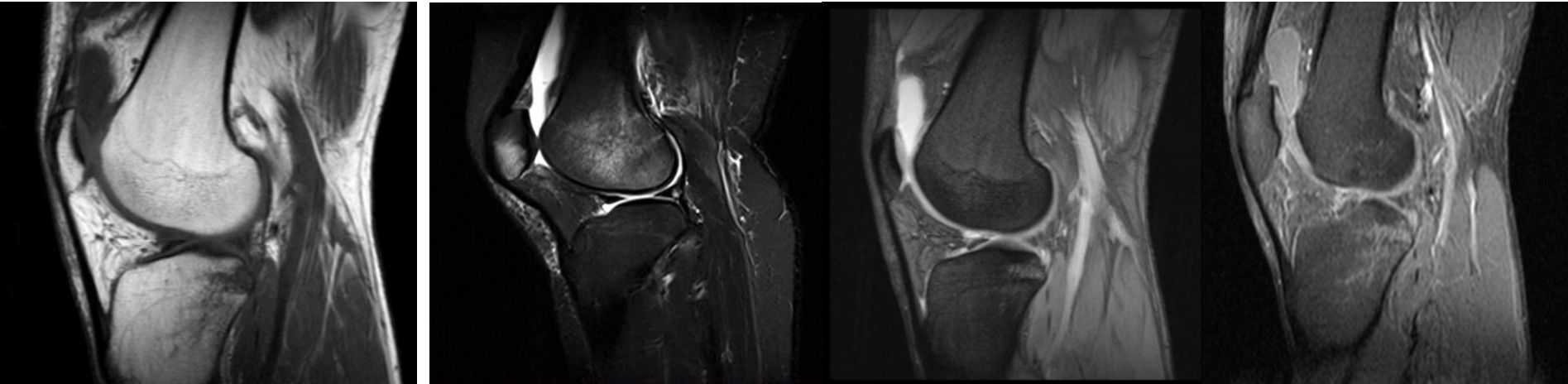
- Varo/valgo
- Pivote
- Hiperextensión
- Lesión del salpicadero
- Luxación patelar



Mecanismos lesionales en función de actividad implicada. Datos extraídos de Berger et al. European Radiology 2017. Diagramas de elaboración propia.

Protocolo RM traumatismo agudo

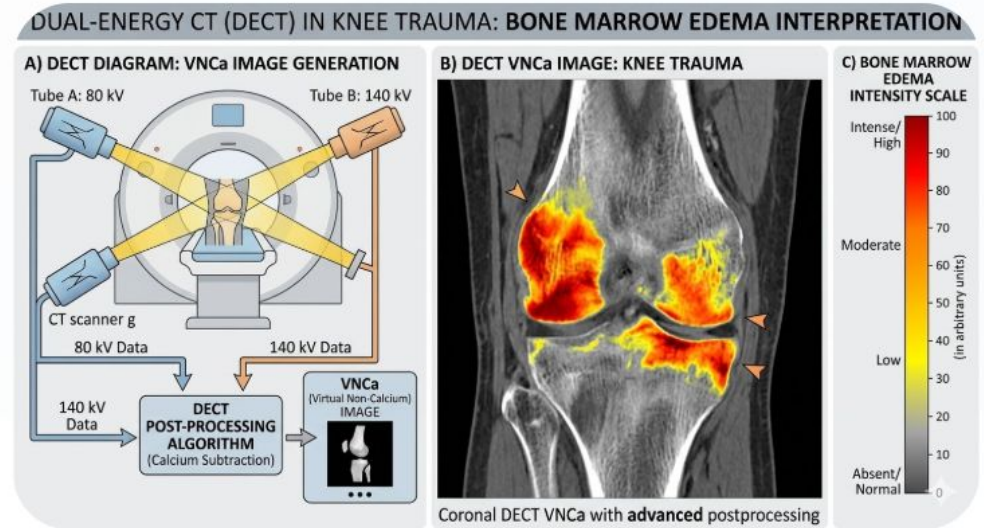
- **T1 sagital (+/- coronal):** evaluación anatómica basal, baja señal en edema.
- **DP SG (densidad protónica con saturación grasa) axial, sagital y coronal:** excelente para valorar edema óseo y lesión de partes blandas.
- Opcionales: T1 coronal, T2 gradiente sagital, DP SG doble oblicuo para valoración de LCA.



De izquierda a derecha T1, STIR, T2, DP SG cortes sagitales RM Rodilla.

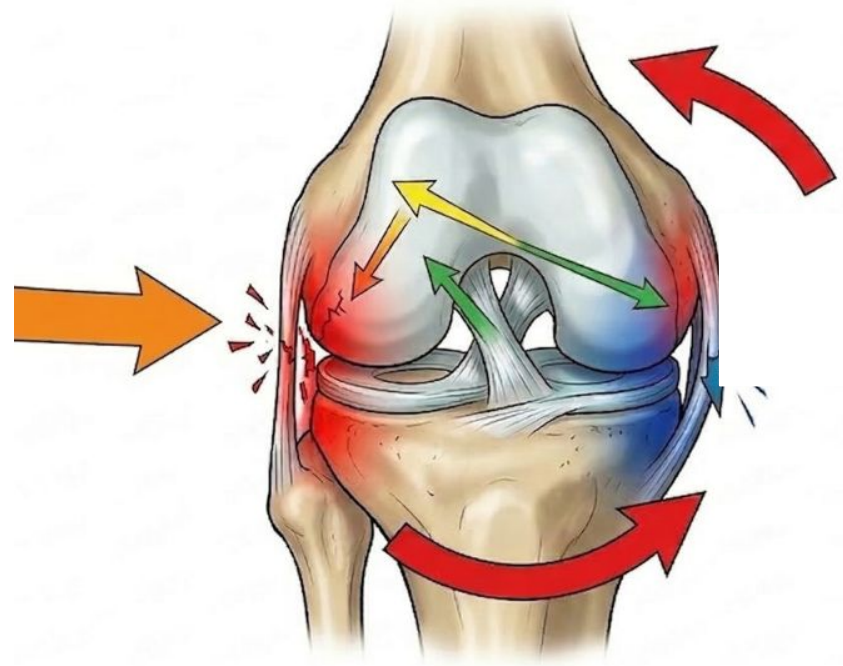
TC Energía Dual (DECT)

- **Técnica VNCa (*Virtual Non-Calcium*):**
 - Sustracción virtual del calcio para visualizar edema.
 - Mapas de color codificado para edema óseo.
- **Ventajas sobre RM:**
 - Mayor disponibilidad en urgencias
 - Más rápida (minutos vs 30-45 min)
 - Útil con implantes metálicos/marcapasos



- **Rendimiento diagnóstico:**
 - Sensibilidad: 84-86%
 - Especificidad: 93-96%
 - Concordancia con RM: excelente ($\kappa = 0.85-0.91$)

- **Se define por:** Rotación externa + valgo + flexión de rodilla
- **Cinemática lesional:**
 - Subluxación anterior de tibia sobre fémur
 - Rotación interna tibial relativa
 - Compresión del compartimento lateral
 - Distracción del compartimento medial



Pivot Shift - Patrón de de edema

Patrón clásico:

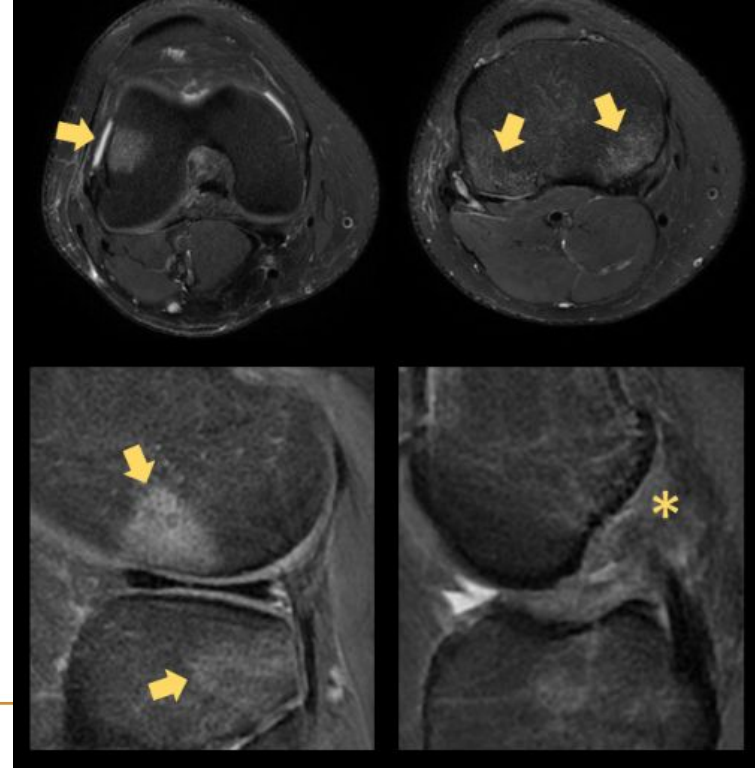
Región posterolateral de platillo tibial.

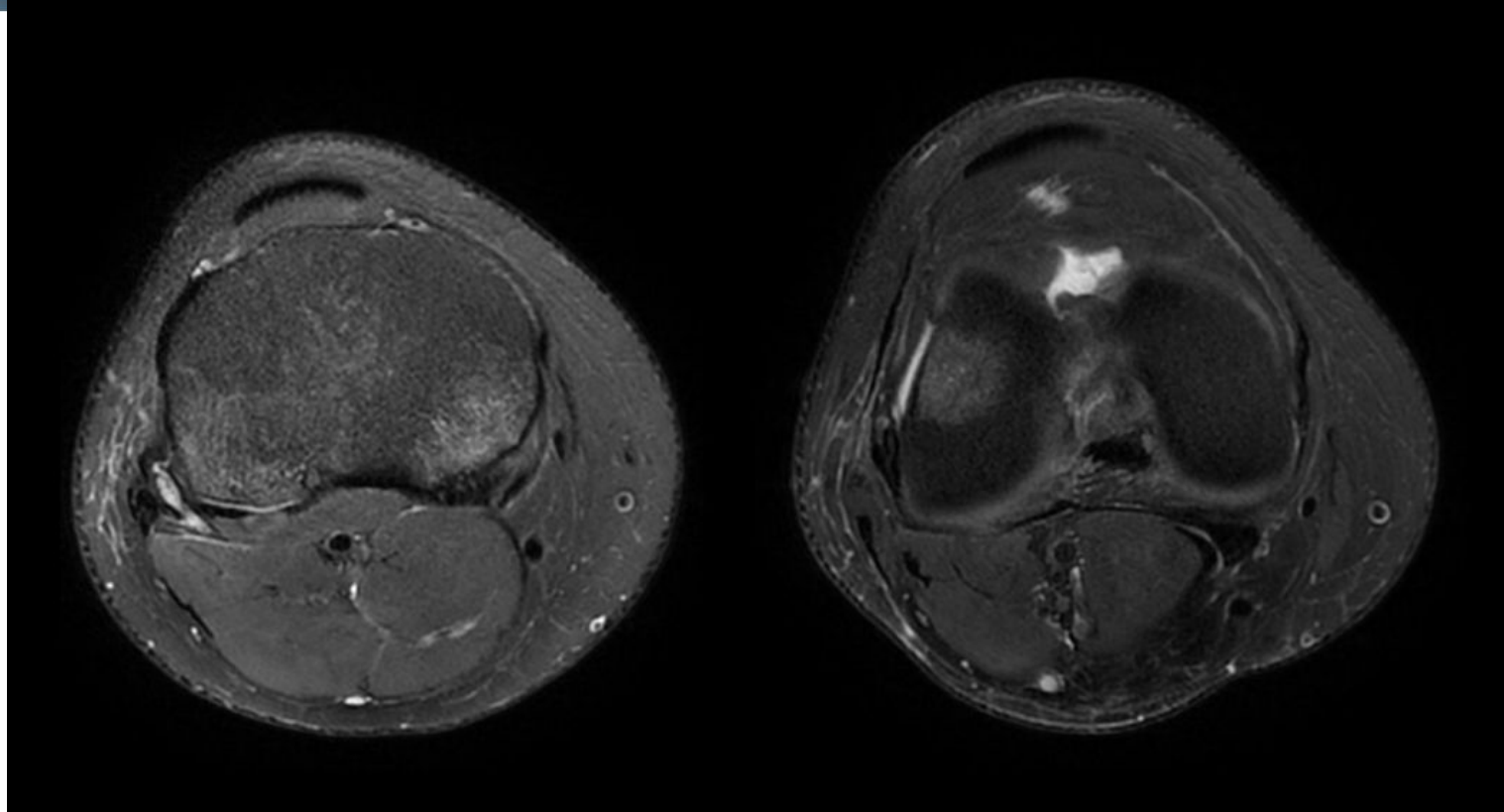
Region central de cóndilo femoral lateral.

¿Qué buscar? Lesiones asociadas.

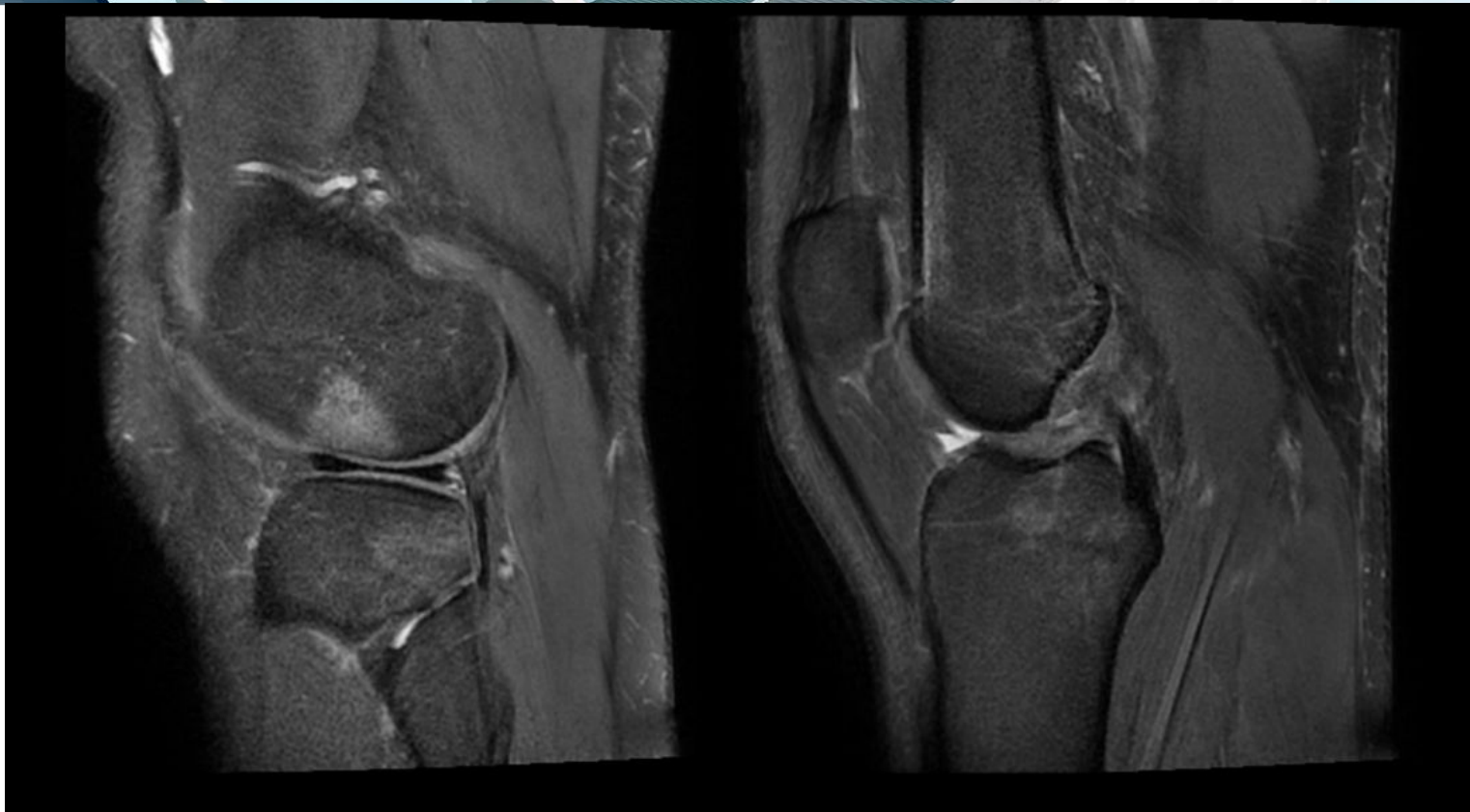
Rotura de LCA
Rotura de LCM
Menisco medial

Cortes axiales y sagitales DP SG: Edema en cóndilo femoral lateral y platillo tibial posterior así como rotura de LCA.

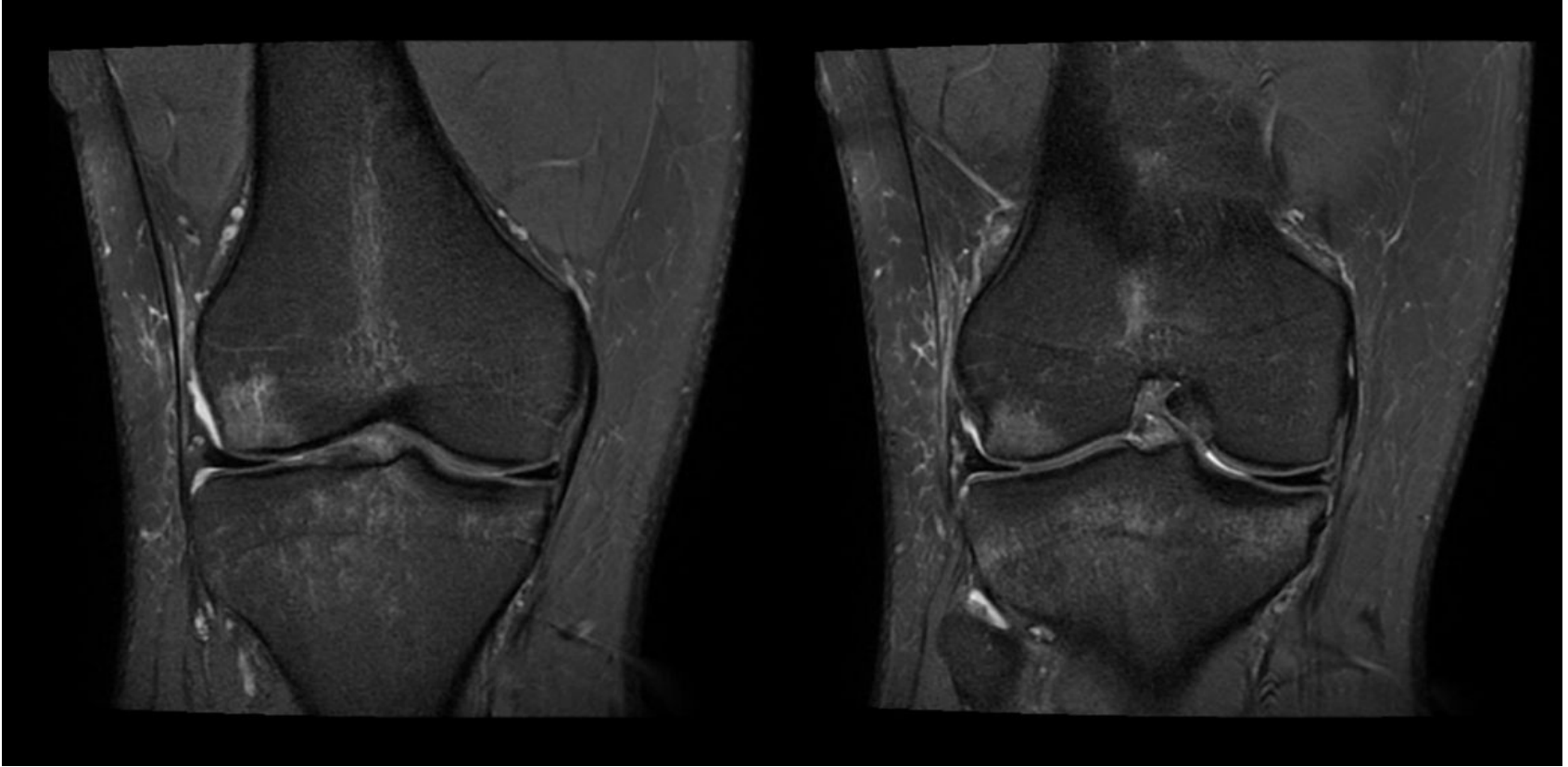




Cortes axiales DP SG. Focos de edema en región posterior de platillo tibial y cóndilo femoral lateral. Lesión LCA asociada



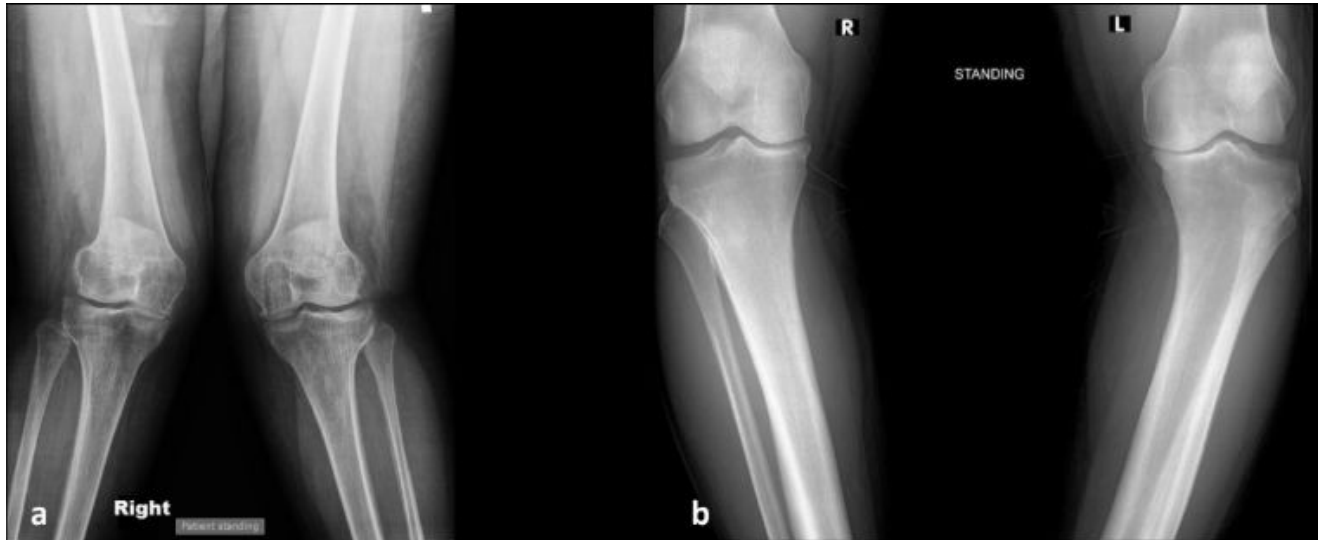
RM de rodilla, cortes sagitales DP SG que puestran focos de edema óseo en condilo femoral lateral y meseta tibial posterolateral asociadas a rotura completa de LCA.



Cortes coroneales de RM de rodilla DPSG. Edema óseo en condilo femoral lateral en paciente con lesión de LCA asociada.

Mecanismo Varo/Valgo

- Fuerzas en varo/valgo generan compresión en un compartimento y distracción en el contralateral
- Edema óseo marca el lado de compresión
- Lesión ligamentaria en el lado de distracción



Imágenes de RX de Rodilla AP. Pacientes con deformidad de rodilla en valgo/varo respectivamente.



Imágenes de RX de Rodilla AP y Lateral. Marcado engrosamiento de partes blandas medial de rodilla en el contexto de paciente esquiador que sufre estrés en valgo.

Patrón de edema óseo en valgo (clip injury)

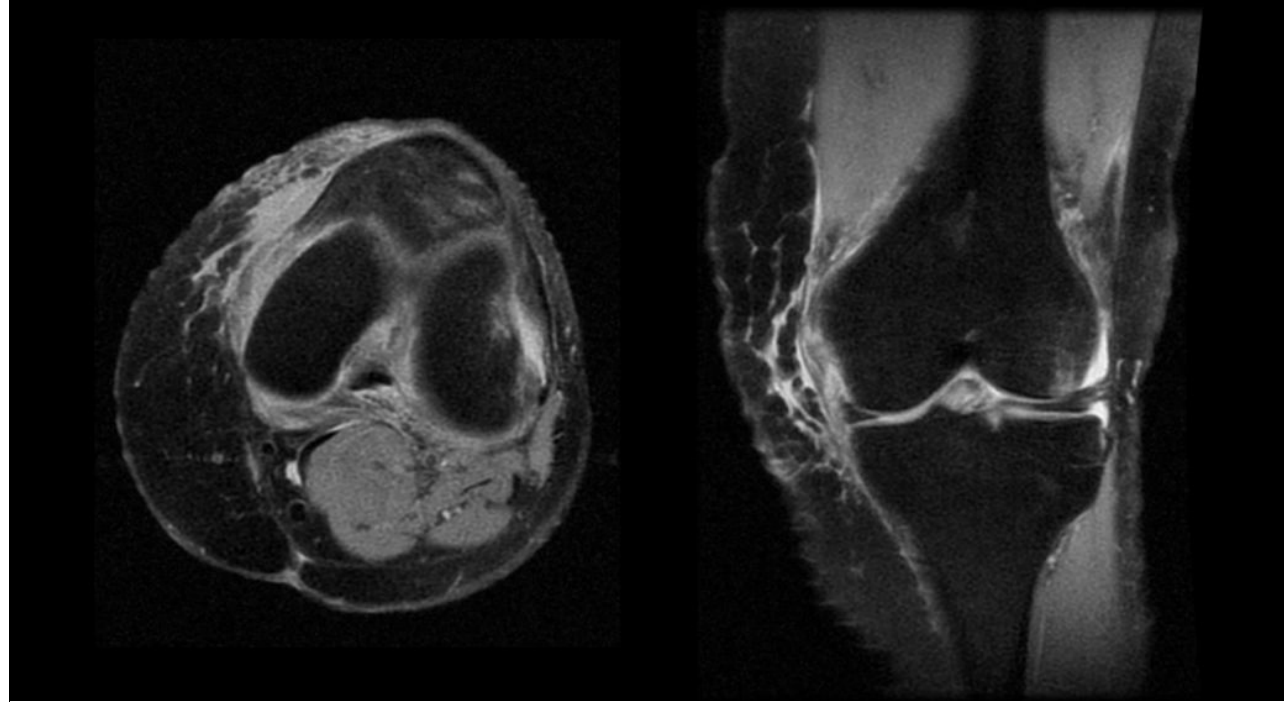
Afectación de compartimento lateral: platillo tibial y cóndilo femoral lateral

Lesiones asociadas:

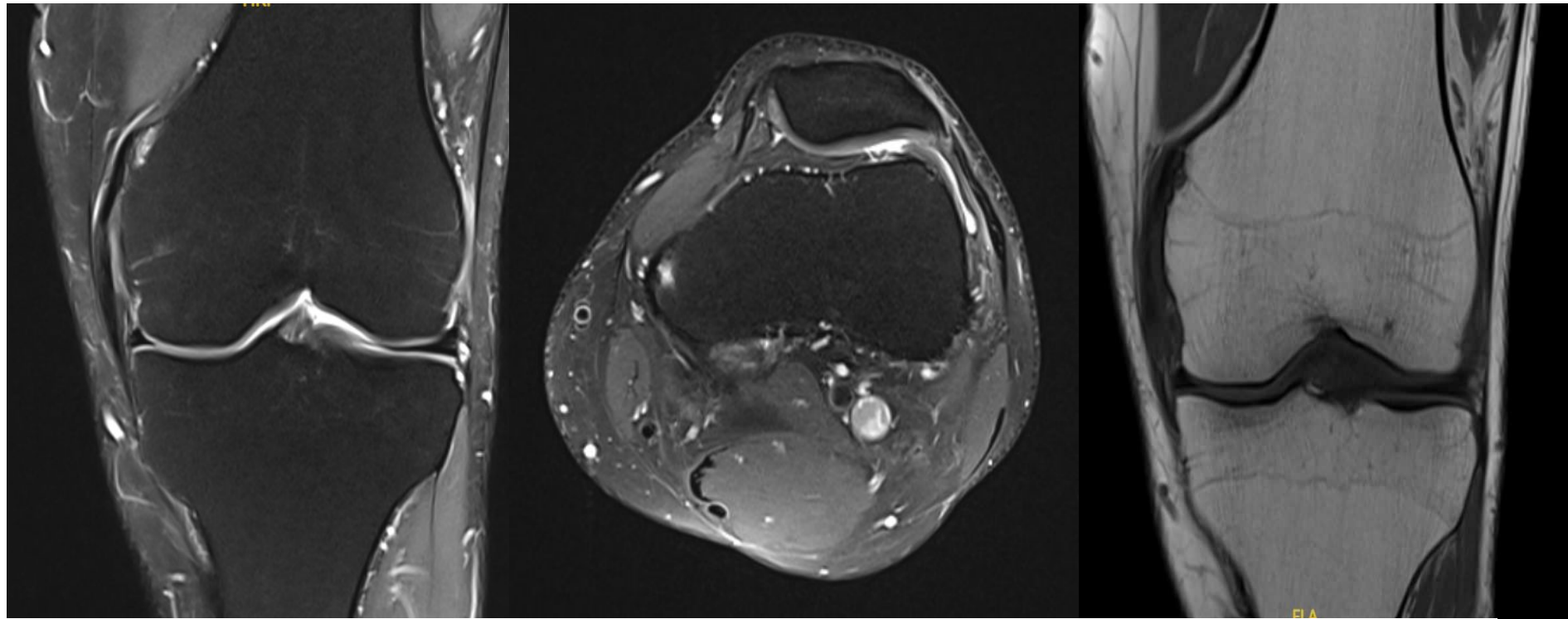
LCM Grado I-III según severidad

LCA Frecuentemente asociado
Menisco medial (menos frecuente)

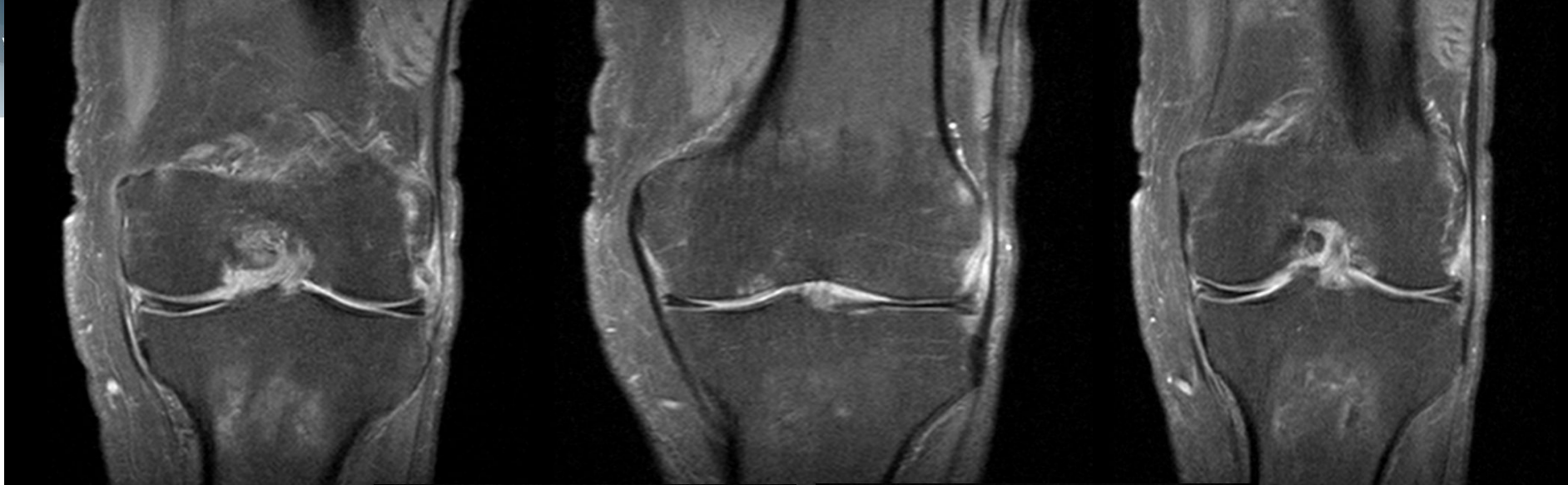
Avulsiones óseas.



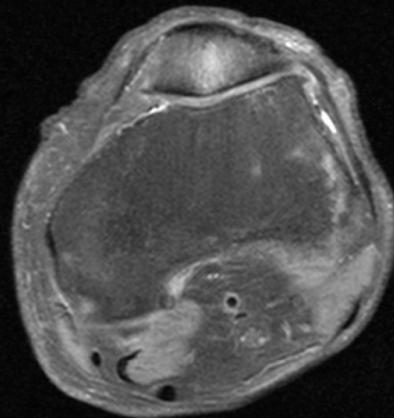
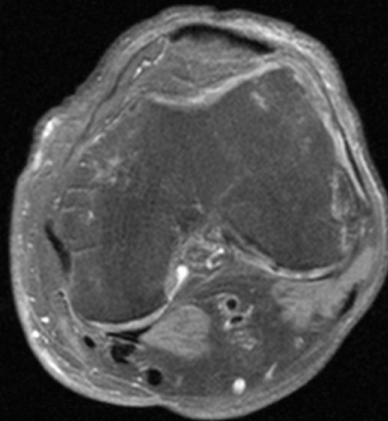
RM cortes axiales y coroneales DP SG. Paciente esquiador tras traumatismo en valgo. Edema/hemorragia en partes blandas mediales con lesión del ligamento colateral medial y edema en cóndilo femoral lateral.



Cortes coronales y axiales secuencias DP SG y T1 coronal. Alteración de señal en el origen del ligamento colateral medial correspondiente a esguince grado I-II en paciente con estrés en valgo.



Cortes axiales y
coronales de RM de
rodilla DP SG. Alteración
de señal en la inserción
proximal del ligamento
colateral lateral y tendón
poplíteo. Fractura
avulsión del cóndilo
femoral lateral



Lesión de Pellegrini-Stieda (estrés en valgo)

Imágenes de TC y RX post cirugía. En rodillas sometidas a estrés de valgo, se puede ver una calcificación en el origen del ligamento colateral medial secundaria a traumatismo con avulsión (flecha amarilla). En fase crónica puede formarse una osificación. Paciente sometido a estrés en valgo con fractura de meseta tibial lateral y fractura avulsión LCL medial proximal.



Lesión LCA + Fractura de Segond

Pivot shift + estrés en varo

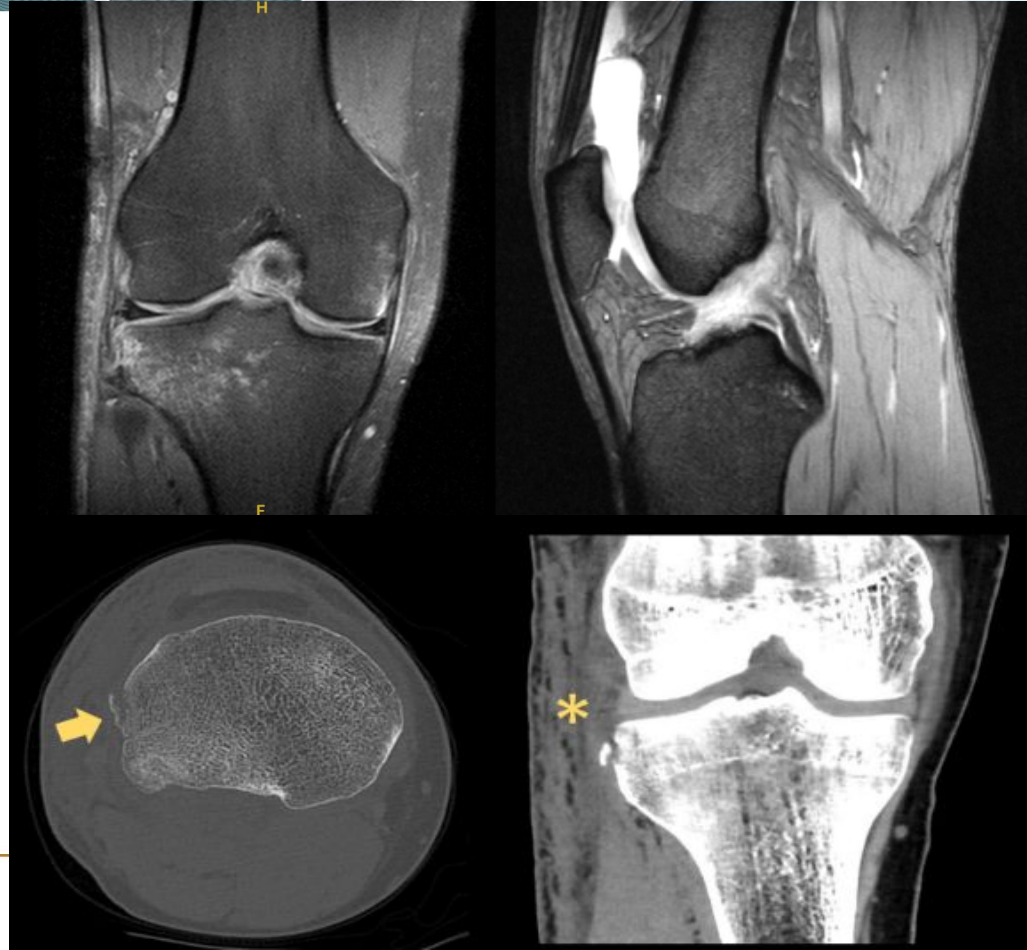
Lesiones a buscar:

Rotura LCA

Rotura LCM

Fractura Segond platillo tibial lateral (avulsión l. capsulares)

Imágenes RM DPSG coronal y sagital, se observa discreta lesión en LCM y fractura de platillo tibial lateral, también visualizado en estudio de TC (flecha/ amarillo), así como rotura completa de LCA.*



Lesión del salpicadero

- **Se define por:** Fuerza directa anterior sobre tibia proximal con rodilla flexionada 90°
- **Mecanismo clásico:**
 - Impacto del tablero del automóvil contra tibia en accidente
 - Traslación posterior de tibia respecto a fémur
 - Tensión sobre LCP
- **Cinemática:**
 - Fuerza axial anterior sobre tibia
 - Compresión de superficies anteriores tibiofemorales
 - Distracción posterior (LCP)

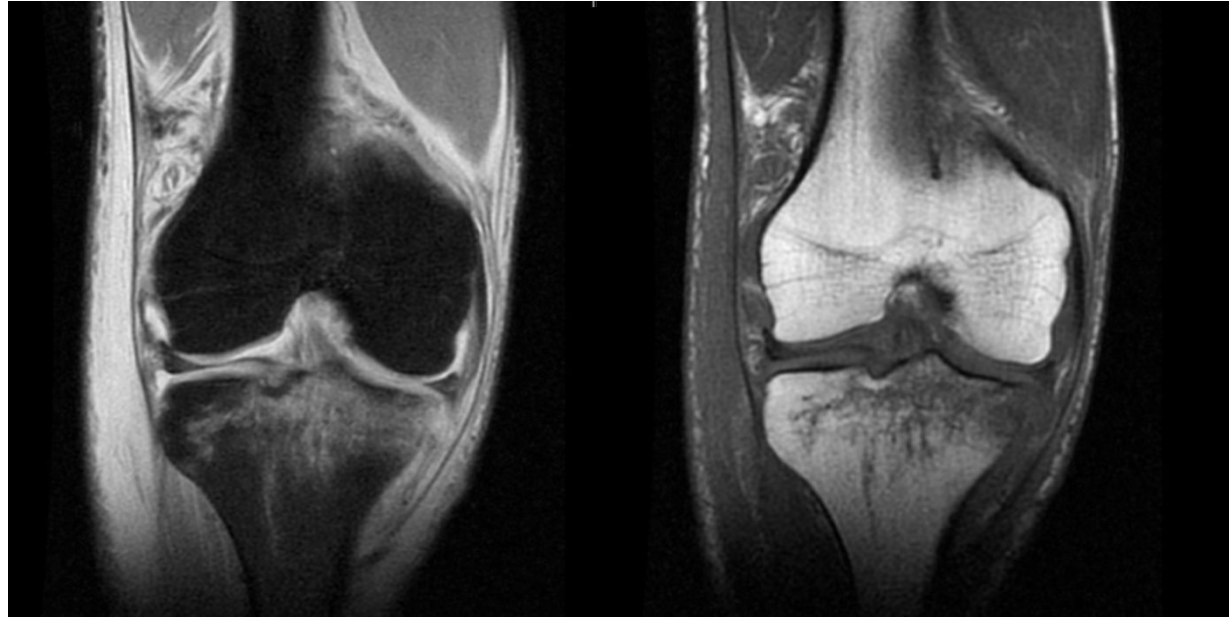


Mecanismo lesional del salpicadero

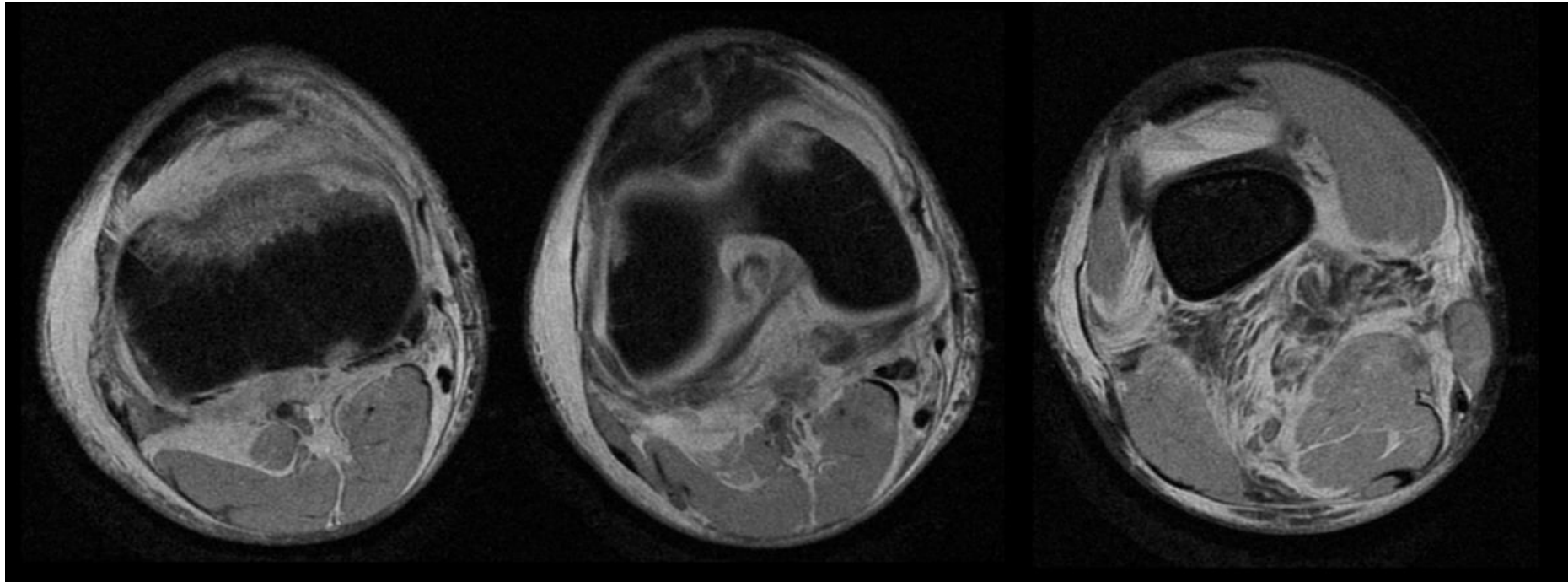
Lesión del salpicadero - Patrón de de edema

Patrón característico:
Tibia proximal anterior
Fémur distal anterior

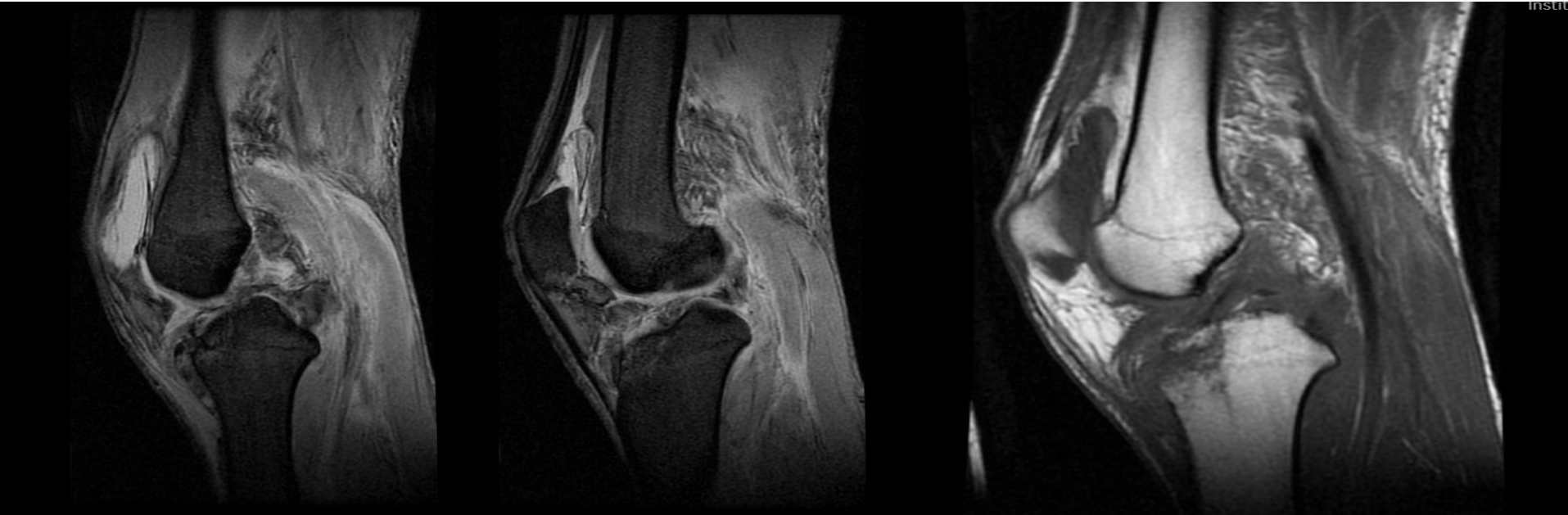
Lesiones asociadas:
Rotura LCP.
Fractura del platillo tibial
Fractura patelar.



Imágenes de RM cortes coronales DP SG y T1 en paciente con lesión de salpicadero, identificando edema óseo en la vertiente anterior de meseta tibial.



Imágenes de RM cortes axiales DP SG y T1 en paciente con lesion de salpicadero, identificando edema óseo en la vertiente anterior de meseta tibial y condilos femorales..



Cortes sagitales DP SG y T1 respectivamente, se identifica hundimiento de meseta tibial con edema óseo y rotura completa del LCP en paciente con lesión del salpicadero

Luxación patelar - Biomecánica

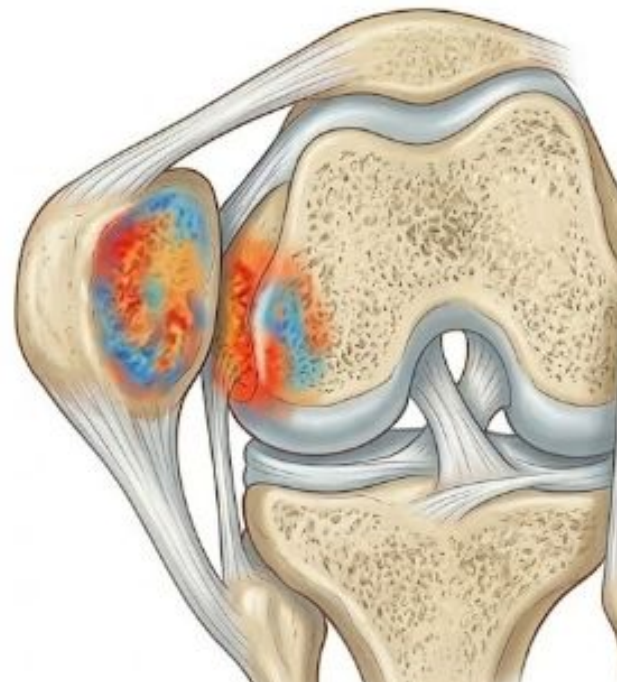
Mecanismo: R. Externa + Valgo + Contracción cuádriceps.
Dirección lateral (95%)

Cinemática:

Desplazamiento lateral de rótula sobre cóndilo femoral lateral
Impacto de faceta medial de rótula contra cóndilo femoral lateral
Rotura del ligamento patelofemoral medial (LPFM)
Reducción espontánea frecuente (>50%)

Factores predisponentes:

Displasia troclear
Rótula alta
Aumento del ángulo Q

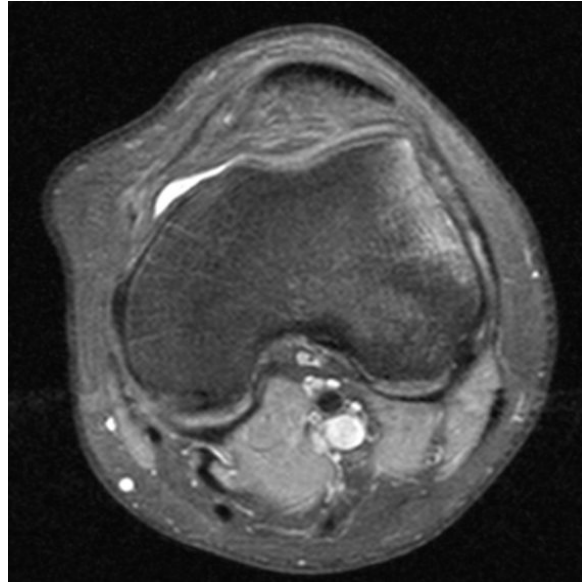
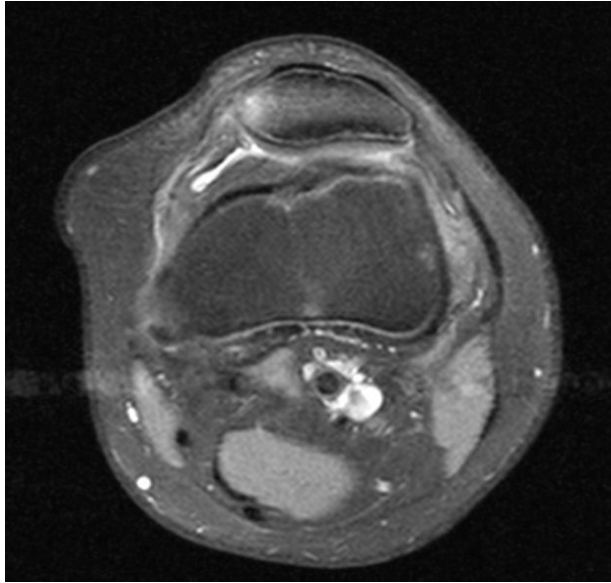


Mecanismo lesional de la luxación patelar.

Luxación patelar- Patron de edema

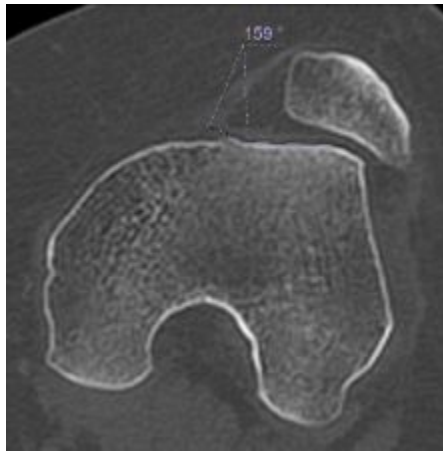
- Edema rotuliano en zona de impacto medial
- Edema femoral en región anterolateral

Lesiones asociadas:
Ligamento patelofemoral medial (+/- avulsion).
Lesiones osteocondrales / fractura patelar

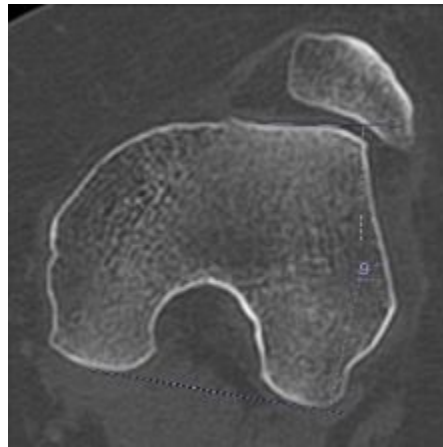


Cortes axiales y coronal DP SG de RM de rodilla. Edema óseo en vertiente medial patelar y cóndilo femoral lateral indicativo de mecanismo de luxación patelar. Se asocia rotura del retináculo patelar media.

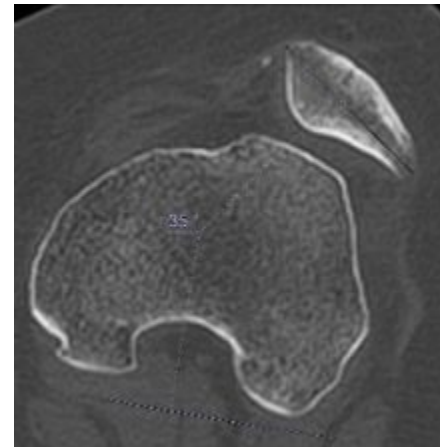
Estudio programado de inestabilidad femoropatelar (TC dinámico)



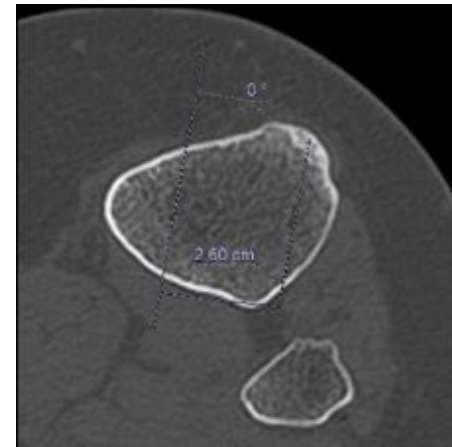
Ángulo troclear



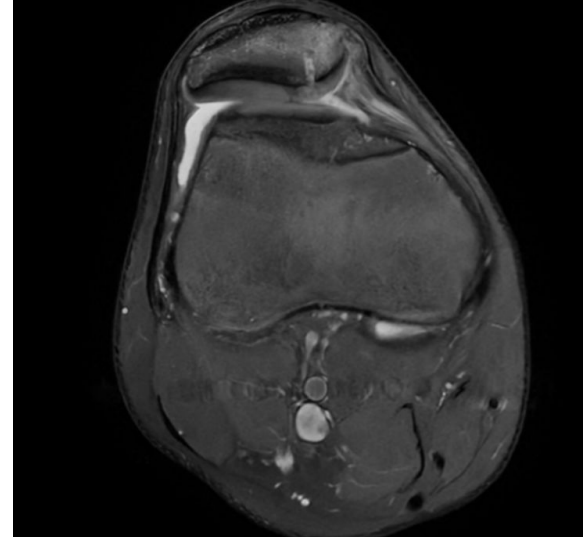
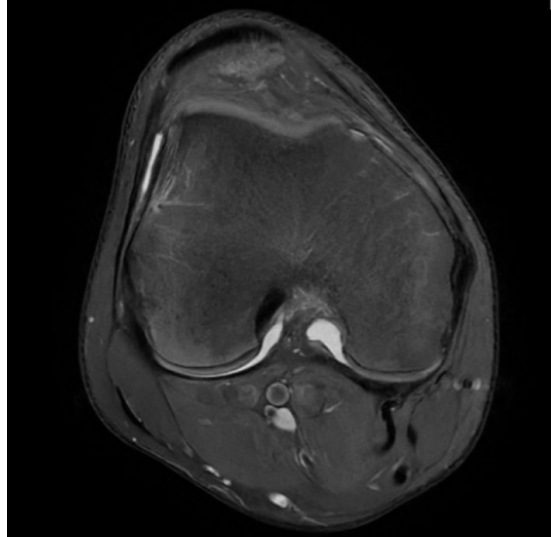
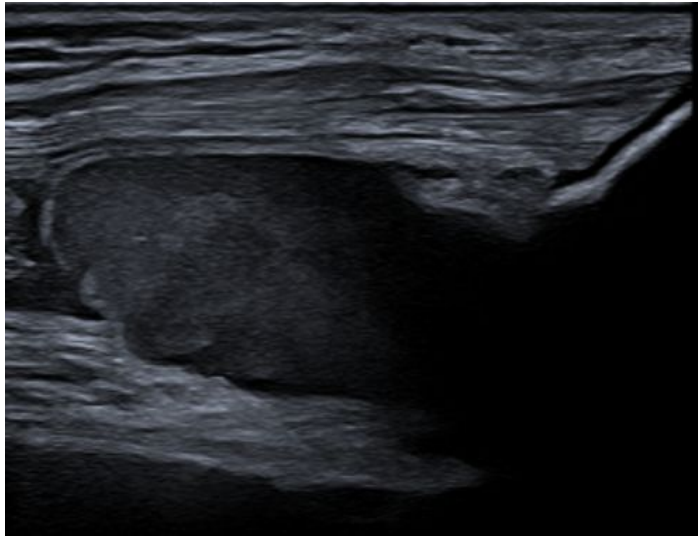
Ángulo de inclinación faceta lateral troclear



Ángulo de subluxación por inclinación en extension



Distancia tuberosidad tibial - surco troclear



Paciente de 15 años que acude por sospecha de luxación patelar. Se realiza ecografia evidenciando marcados cambios edematosos/hemorrágicos en partes blandas femoropatelares mediales y hemartros. En RM se evidencia focos de edema en vertiente medial patelar y lateral femoral así como fractura de la vertiente patelar medial como signo de complicación.

Mecanismo hiperextensión - Biomecánica

Extensión forzada de rodilla más allá del rango fisiológico ($>5-10^\circ$)

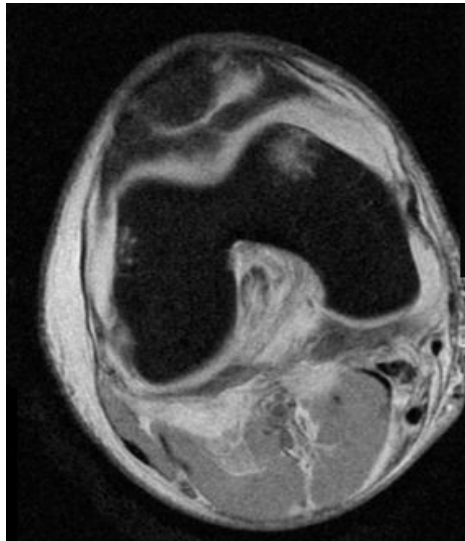
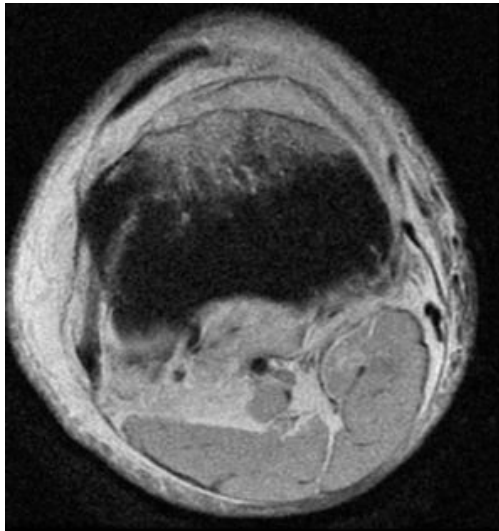
- **Mecanismo lesional:**
 - Impacto entre región anterior de tibia y fémur
 - Compresión de superficies articulares anteriores
 - Tensión sobre estructuras posteriores (LCP, cápsula)
 - Posible lesión LCA por estiramiento
- **Contexto clínico:**
 - Caídas con rodilla en extensión
 - Aterrizajes deportivos
 - Trauma directo posterior sobre rodilla extendida



Fotografía extraída del diario EL PAÍS de lesión por hiperextensión de jugador de fútbol profesional. Lesión LCA, LCL y tendón poplíteo.

Lesiones asociadas

- **LCA**
- **LCP**
- **Cápsula posterior**
- Fracturas osteocondrales anteriores
- Fracturas por avulsión de inserciones ligamentarias
- **Lesiones meniscales**



Cortes axiales y sagital respectivamente de RM rodilla DP SG. Focos de edema en meseta tibial y condilos femorales anteriores, con lesión de LCA asociada. Material quirúrgico en la meseta tibial posterior.

Algoritmo diagnóstico

1. Identificar presencia de edema óseo.
 2. Mapear distribución del edema: compartimentos y estructuras óseas afectadas.
 3. Reconocer patrón infiriendo el mecanismo lesional.
 4. Buscar lesiones asociadas predecibles.
-

Evaluación sistemática obligatoria:

- ☐ **Edema óseo:** Localización, extensión, profundidad
 - ☐ **LCA:** Integridad, localización de rotura (proximal/media/distal)
 - ☐ **LCP:** Integridad, edema óseo anterior si sospecha
 - ☐ **LCM:** Grados I-III, localización (femoral/tibial/cuerpo)
 - ☐ **LCL:** Integridad
 - ☐ **Esquina posterolateral:** Complejo arcuato, tendón poplíteo
 - ☐ **LPFM:** Integridad, localización de rotura
 - ☐ **LAL:** Mejor visualizado <6 semanas
 - ☐ **Menisco medial:** Raíz posterior, cuerpo, cuerno anterior
 - ☐ **Menisco lateral:** Raíz posterior (si edema LTP), cuerpo, cuerno anterior
 - ☐ **Lesión ramp:** Desinserción meniscocapsular posterior medial
 - ☐ **Fracturas por avulsión:** Segond, reverse Segond, espinas tibiales
 - ☐ **Lesiones osteocondrales:** Rótula, cóndilos femorales
 - ☐ **Cuerpos libres:** Especialmente en luxación patelar
-

- Los patrones de contusión ósea en RM actúan como "huellas biomecánicas" que permiten inferir el mecanismo lesional y predecir lesiones de partes blandas asociadas
- El reconocimiento sistemático de estos patrones mejora la calidad del informe radiológico, optimiza la planificación quirúrgica y reduce lesiones no diagnosticadas
- El edema óseo tiene implicaciones pronósticas: predice desarrollo de artrosis focal y se correlaciona con lesiones meniscales y ligamentarias específicas.
- Atención a alteraciones sutiles en RX: partes blandas y pequeñas avulsiones (lesion Pellegrini Stieda, Second) predicen lesiones mayores de PB.
- La RM es el gold standard (sensibilidad 97%, especificidad 100%), con DECT como alternativa válida cuando RM está contraindicada.

Un enfoque sistemático basado en patrones de edema óseo transforma la interpretación de la RM de rodilla traumática de descriptiva a predictiva, mejorando el valor clínico del informe radiológico

Bone Contusion Patterns of the Knee at MR Imaging: Footprint of the Mechanism of Injury. Radiographics : A Review Publication of the Radiological Society of North America, Inc. 2000. Sanders TG, Medynski MA, Feller JF, Lawhorn KW.

Association between traumatic bone marrow abnormalities of the knee, the trauma mechanism and associated soft-tissue knee injuries. Eur Radiol. enero de 2017;27(1):393-403. Berger N, Andreisek G, Karer AT, Bouaicha S, Naraghi A, Manoliu A, et al.

Sports Injury: Biomechanical Approach to Interpretation of Knee MRI. Skeletal Radiology. 2026. Mercer RW, Stewart ZE, Simeone FJ, et al.

Association Between Traumatic Bone Marrow Abnormalities of the Knee, the Trauma Mechanism and Associated Soft-Tissue Knee Injuries. European Radiology. 2017. Berger N, Andreisek G, Karer AT, et al.

Bone Marrow Edema of the Knee: A Narrative Review. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. 2024. Villari E, Digennaro V, Panciera A, et al.

Diagramas e imágenes de mecanismos lesionales generados mediante Inteligencia Artificial.

Periódico EL [PAÍS.com](https://www.país.com) , diario [Marca.com](https://www.marca.com)