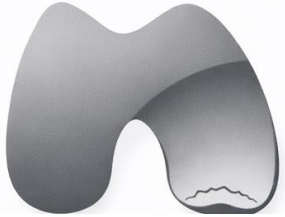


LESIONES OSTEOCONDRALES EN LA RODILLA



FRACTURA POR
INSUFICIENCIA
SUBCONDRA



OSTEONECROSIS



OSTEOCONDritis DISECANTE



LESÓN OSTEOCONDRA



ARTROSIS

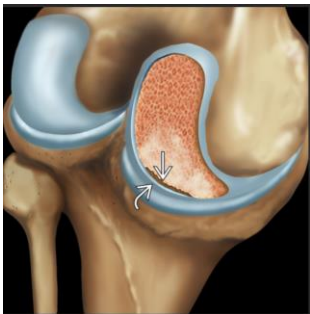
Amaia Goienetxea Murgiondo¹, Josu Badiola Molinuevo¹, Javier Cuetos Fernandez¹, Ion Gurutz Esnal Andueza¹, Itsaso Barral Juez¹, Mikel Beristain Mendizabal¹, Mikel García Merino¹, Irati Elizasu Roteta¹

¹Hospital Universitario Donostia



FRACTURAS SUBCONDRALES POR INSUFICIENCIA

- FX INSUFICIENCIA: Aquellas que se producen sobre un hueso anormalmente débil sin que requiera una fuerza anormal para producirla.
- Se DESACONSEJA utilizar el término "SONK" (osteonecrosis espontánea de la rodilla) ya que se ha visto que NO todas las fracturas por insuficiencia cursan con osteonecrosis, únicamente aquellas en estadios avanzados
- Dolor repentino, severo sin/con mínimo traumatismo desencadenante
- >60, mujeres, +/- osteopenia, suelen asociar roturas meniscales:

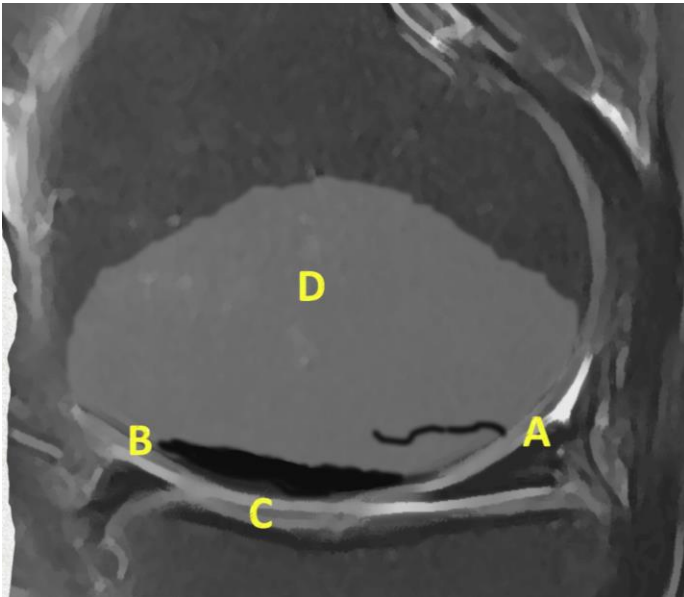


- Más frecuente en la superficie de carga del cóndilo femoral medial ¹⁰
- Más frecuente en MI ^{1, 11, 13, 14, 15, 16} : a nivel de la raíz posterior, asocia frecuentemente rotura radial del cuerno posterior ^{16, 17}



FRACTURAS SUBCONDRALES POR INSUFICIENCIA

Los hallazgos característicos en RM son los siguientes:



A: LÍNEA HIPOINTENSA

B: ÁREA/BANDA HIPOINTENSA

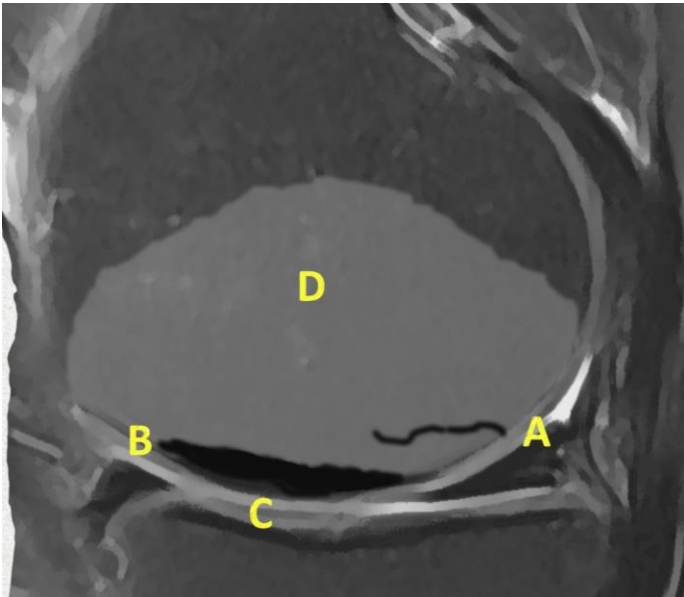
C: APLANAMIENTO/DEPRESIÓN CORTICAL

D: EDEMA



FRACTURAS SUBCONDRALES POR INSUFICIENCIA

A: LÍNEA HIPOINTENSA

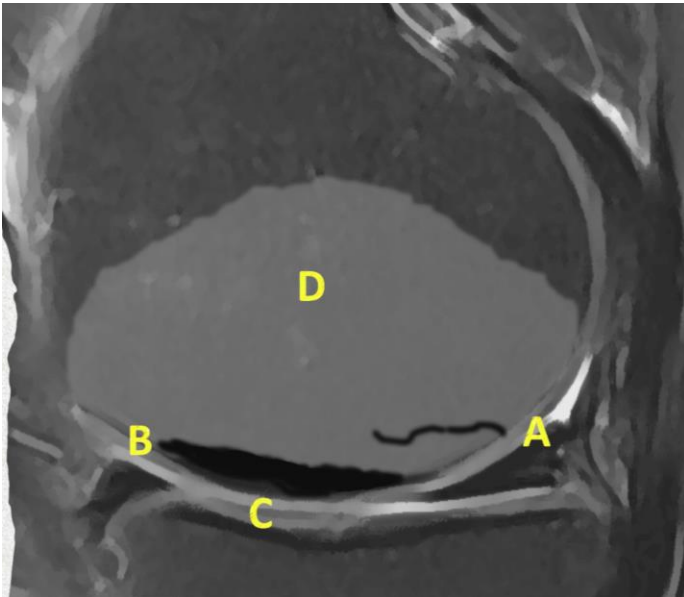


- Línea HIPOINTENSA en TODAS las secuencias ¹
- Delgada, irregular, paralela o curvilínea respecto a la placa subcondral, a escasos mm de la superficie epifisaria, discontinua/open-ended
- Edema a ambos lados de la línea de fractura



FRACTURAS SUBCONDRALES POR INSUFICIENCIA

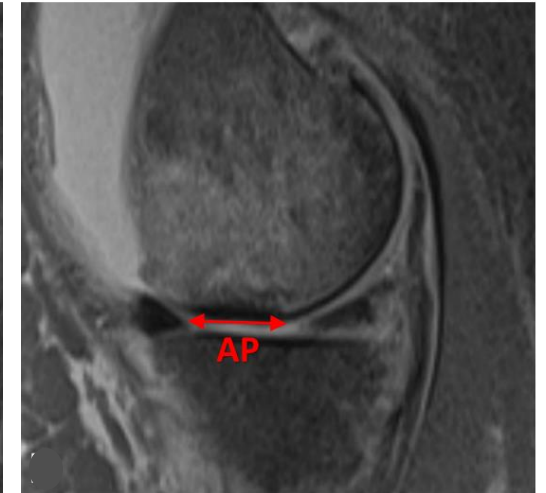
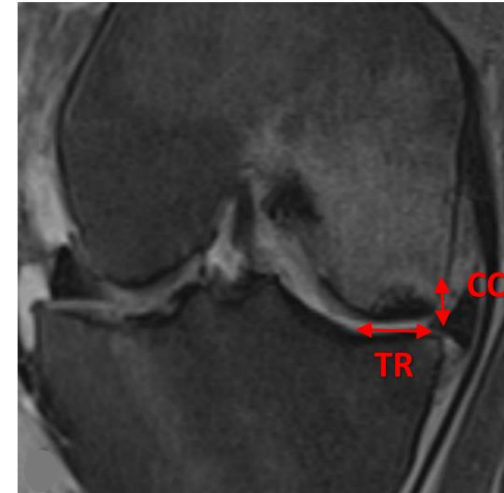
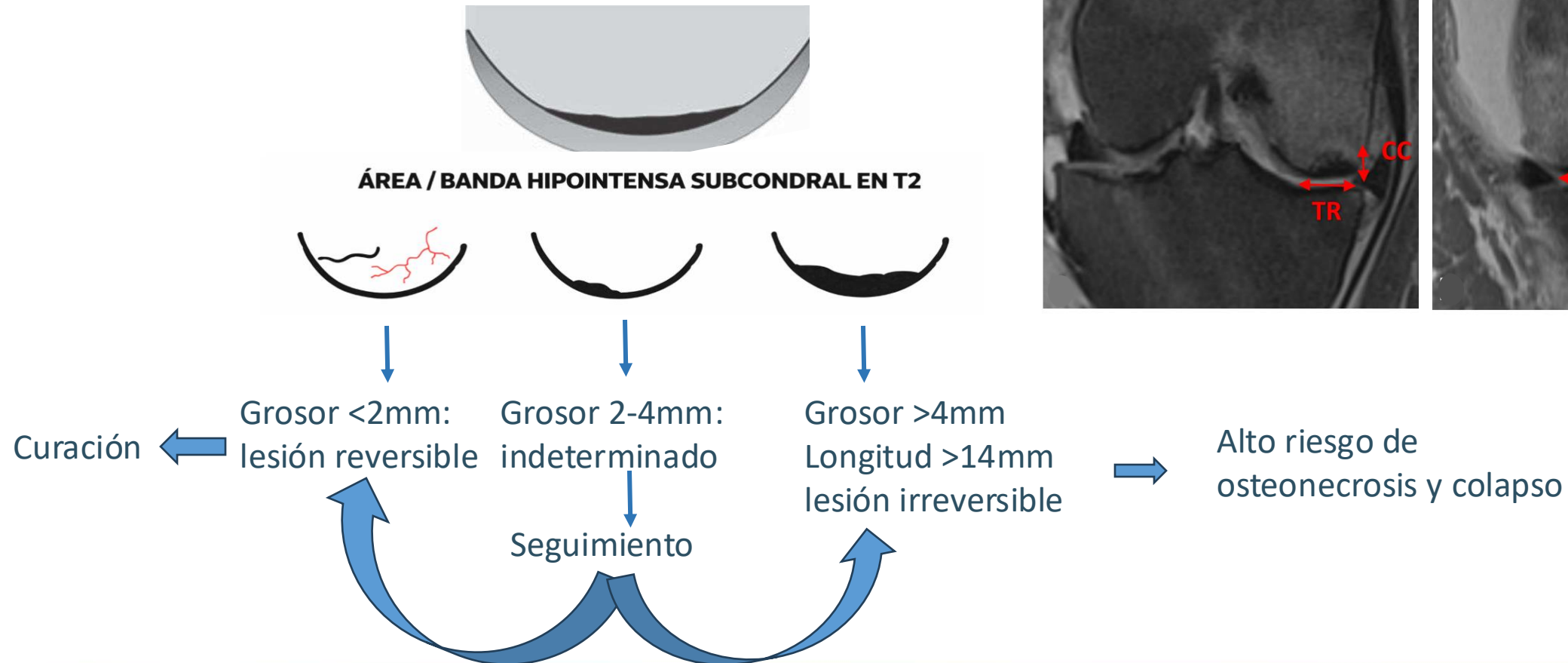
B: BANDA/ÁREA HIPOINTENSA SUBCONDRA



- Área subcondral hipointensa en secuencias T2
- En lesiones pequeñas puede estar integrada en la placa ósea subcondral, simulando un engrosamiento de la misma
- NO presenta realce

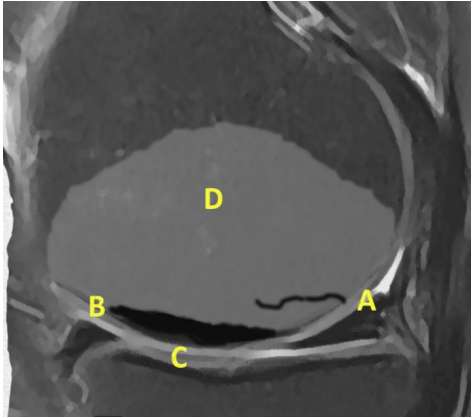


En estadios tempranos el análisis del área subcondral puede ayudar a identificar el riesgo de progresión de la fractura por insuficiencia subcondral a su forma irreversible, es decir, la fractura por insuficiencia subcondral con osteonecrosis





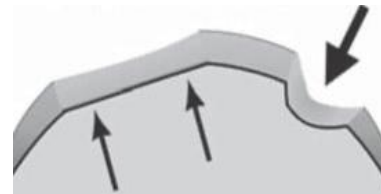
C: APLANAMIENTO/DEPRESIÓN CORTICAL y HENDIDURA SUBCONDRALE CON SEÑAL LÍQUIDA



Fractura subcondral

Si el mecanismo de lesión persiste

Colapso/impactación del
hueso cortical subcondral



Hendidura subcondral con señal líquida
"fluid-filled cleft"



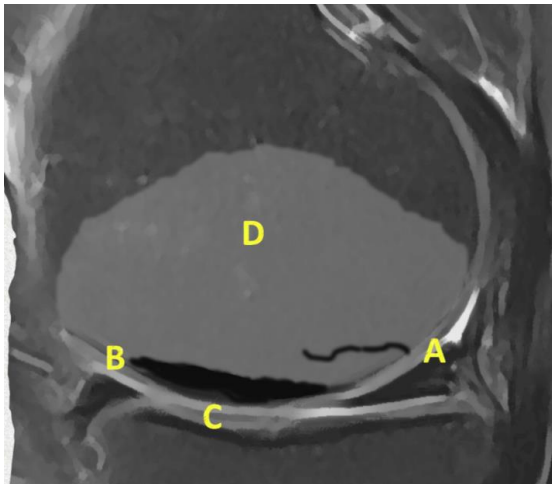
Estos hallazgos indican lesión avanzada con
pronóstico desfavorable





FRACTURAS SUBCONDRALES POR INSUFICIENCIA

D: EDEMA



- Es el primer hallazgo
- Su extensión en RM no se correlaciona con el pronóstico ^{1,6}
- Presenta márgenes mal delimitados, lo que lo diferencia de los márgenes nítidos de la osteonecrosis



FRACTURAS SUBCONDRALES POR INSUFICIENCIA

Vidoni et al.²⁰ introdujeron un nuevo signo indirecto por RM: **"Signo de la explosión metafisaria"**: Edema a nivel de los tejidos blandos adyacente a los cóndilos femorales afectados (postulan que secundario al aumento de presión secundario a la fractura subcondral en los vasos nutricios metafisarios y extravasación secundaria).

Afirman que es un signo específico de las fracturas subcondrales por insuficiencia y que no aparece en otras patologías como la artrosis, fracturas osteocondrales agudas, infecciones y tumores.

Concluyen que es un signo indirecto precoz de las fracturas por insuficiencia subcondrales.

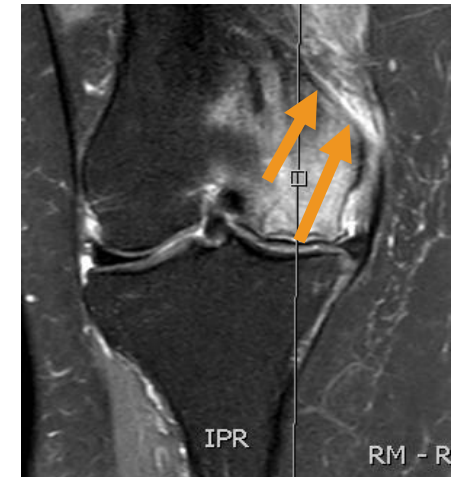
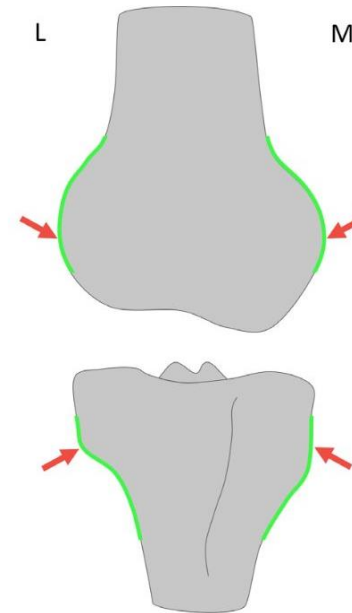


Fig. 1. Diagram showing the entry point of the nutrient arteries to the condyles of tibia and femur (arrows). In green are indicated the areas where the metaphyseal burst sign is visible.



CASO 1



Mujer de 62 que acude por gonalgia. Se le realiza una radiografía AP de rodilla (a) objetivando únicamente pinzamiento del compartimento femorotibial interno. Cóndilos femorales con morfología preservada. Se completa con una RM. Secuencias T1 (b) , DP SPIR coronal (c y d). Visualizamos en b y c edema con márgenes mal delimitados en cóndilo femoral externo con leve edema de partes blandas adyacentes.

- Engrosamiento de la placa ósea subcondral compatible con la banda hipointensa subcondral característica de las fracturas por insuficiencia subcondrales (flecha azul clara).
- Dicha banda presenta un engrosamiento $<2\text{mm}$ pero una longitud de $>1\text{cm}$ en algunos cortes --> pronóstico indeterminado--> control
- Radiografía AP rodilla izquierda de control al año (e). Paciente asintomática. En radiografía cóndilos femorales con morfología preservada.



CASO 2

Varon de 53 años que acude por gonalgia aguda. RX ambas rodillas:

En cóndilo femoral interno de rodilla derecha, se observa un área hipodensa subcondral. Se recomienda realizar RM para correcta caracterización.





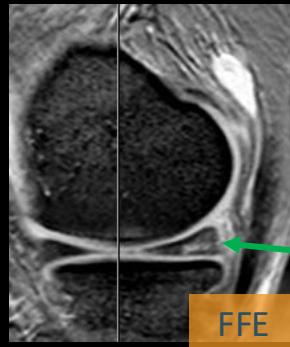
2016



T1



DP SPIR



FFE

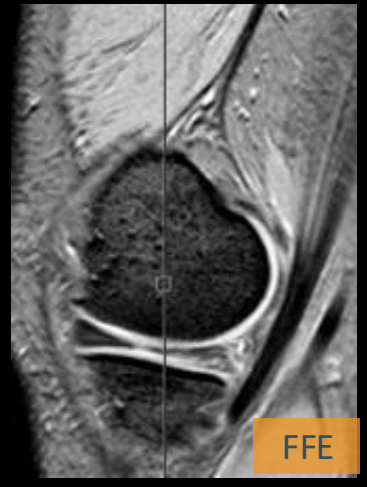
2018



T1



DP SPIR



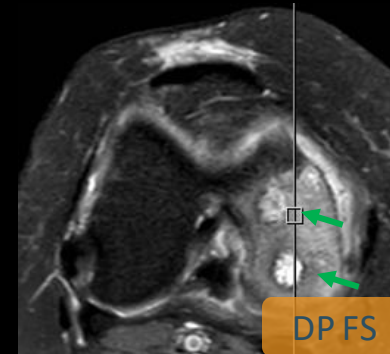
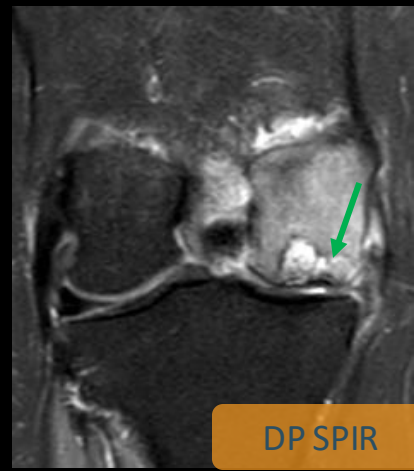
FFE

RM 2016: Rotura del cuerno posterior y cuerpo del menisco interno (flecha verde). Se visualiza una delgada línea hipointensa discontinua a escasos mm de la superficie epifisaria con edema a ambos lados (flecha azul). Asocia leve engrosamiento de la placa ósea subcondral <2mm (flecha naranja). Buen pronóstico.

En el control del 2018 se evidencia resolución de la fractura por insuficiencia subcondral. Persiste rotura meniscal.



Caso 3



Mujer de 68 años con gonalgia crónica reagudizada y osteoporosis. RM: Línea hipointensa en secuencia DP SPIR (flecha azul) en región subcondral del cóndilo femoral interno relación a fractura subcondral, abundante edema afectando a todo el cóndilo femoral interno así como a las partes blandas adyacentes (estrella naranja). Además se visualiza un ligero colapso de la superficie articular con formación de imágenes quísticas (flecha verde). Estos hallazgos indican lesión avanzada con pronóstico desfavorable.

Radiografía AP coronal de control al año con mayor colapso de la superficie articular y geodas subcondrales.



Caso 4:



Adulto de edad media con gonalgia crónica izquierda que ha aumentado en los últimos meses. En radiografía AP de ambas rodillas (a) se evidencia lesión osteocondral en cóndilo femoral interno con hundimiento de la superficie articular. En RM realizada visualizamos en secuencias coronal y sagital DP SPIR una hendidura con líquido interpuesto a nivel del hueso subcondral indicativo de lesión avanzada con pronóstico desfavorable.



OSTEONECROSIS

- Es frecuente. Adultos
- Etiología variada, con múltiples factores de riesgo/enfermedades asociadas 21
 - En la rodilla las causas más frecuentes: corticoides y la idiopática
- Inicio de la clínica y el dolor INSIDIOSOS
- El pronóstico a largo plazo está determinado por el colapso de la superficie articular
- Suelen ser múltiples (a diferencia de las fracturas subcondrales por insuficiencia).



Table 1: Causes of ON

Common

Trauma
Corticosteroids (exogenous and endogenous)
Idiopathic
Sickle cell anemia
Collagen vascular disease
Alcoholism

Uncommon

Pancreatitis
Renal transplantation
Drug therapy (immunosuppressive, cytotoxic therapy, bisphosphonates [jaw])
Pregnancy
Radiation therapy
Occlusive vascular disease (thromboembolic disease and arteriosclerosis)
Infection (including human immunodeficiency virus)
Leukemia/lymphoma
Vasculitis
Diabetes

Rare

Dysbaric conditions (caisson disease)
Hemophilia
Gout
Thermal injury (burn, frostbite)
Gaucher disease
Langerhans cell histiocytosis
Neuropathic arthropathy
Polycythemia vera
Multiple epiphyseal dysplasia



Radiografía y TC

- Poco sensibles en estadios precoces. Líneas esclerosas marginales serpiginosas/onduladas → reacción del hueso que intenta delimitar el área de necrosis
- TC: la mejor técnica de imagen para la detección y valorar la extensión del colapso articular²² → importante para el manejo quirúrgico (artroplastia)

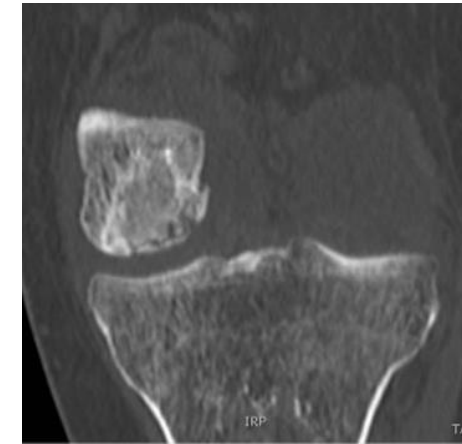
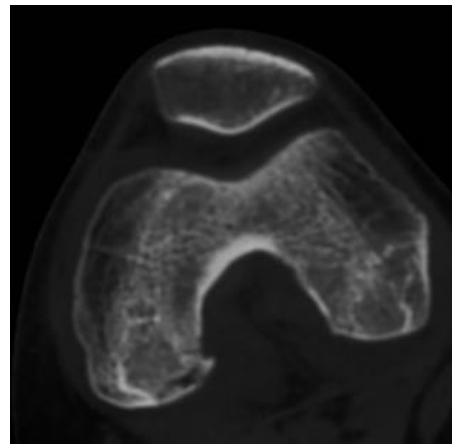
- Evolución de la ON:

Lesión circunscrita por una línea hiperdensa y bien definida, serpiginosa, cóncava respecto a la superficie articular

Colapso en la unión entre la escleritis serpiginosa y la superficie articular (estrés máximo)

Radiolucencia/hipodensidad subcondral en forma de medialuna ("signo de la semiluna-crescent sign"; representa el colapso del hueso subcondral y la separación del mismo del cartílago superficial y de la placa ósea subcondral)

Fragmentación y colapso articular y artrosis





RM

- La técnica de imagen de más S y E.
- Patrón más frecuente: médula ósea amarilla rodeada por una línea/banda serpiginosa hipointensa en todas las secuencias. El “signo de la doble línea” se ha descrito en el 65-85% de los casos de ON (^{31,32}). The double-line sign may also partially result from chemical-shift misregistration artifact²³.
 - Línea hipointensa externa (esclerosis):
 - ✓ En las epifisis: semiluna, banda, anillo, cuña
 - ✓ En las meta-diafisis: serpiginosa
 - Línea hiperintensa interna (“zona de avance” “creeping zone of substitution”)
- La zona central suele preservar señal similar a la médula ósea grasa normal
- Algunos estudios describen la utilidad de los estudios dinámicos de RM con contraste IV para discernir entre osteonecrosis y fracturas por insuficiencia subcondrales⁷



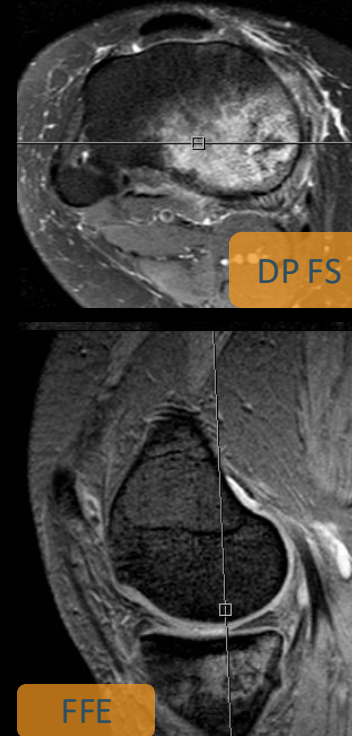


Caso 5

Junio 2016



Junio 2016



Julio 2016



Mujer de 42 años con antecedentes de consumo de sustancias, entre ellas opioides. Radiografía de junio del 2016 sin alteraciones. Solicitan RM por dolor en rodilla, sospechando una fractura de estrés. En RM se visualiza un área de señal grasa rodeada por una línea hipointensa serpiginosa (flecha azul) en meseta tibial interna otra línea hiperintensa en su interior (flecha naranja): "signo de la doble línea". Asocia pequeña fractura trabecular (flecha verde). En radiografía de julio se evidencia la línea serpiginosa esclerosa en meseta interna.



2021



2023



RM de rodilla contralateral. Osteonecrosis en cóndilo femoral interno y en metáfisis tibial, con márgenes serpiginosos. Radiografía AP ambas rodillas de control del 2023 muestra las lesiones de osteonecrosis en cóndilo interno de rodilla izquierda y meseta tibial interna de rodilla derecha. Infarto óseo en metáfisis proximal de tibia izquierda. Fractura y colapso de meseta tibial externa de rodilla derecha secundario a osteonecrosis evolucionada.



Caso 6

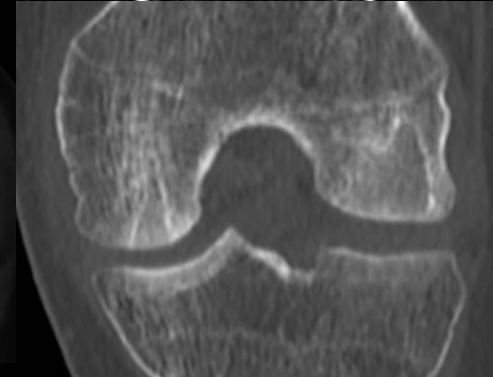
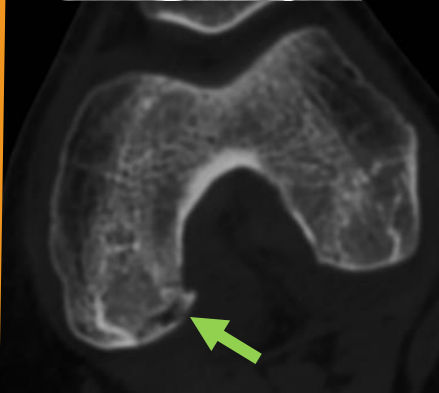
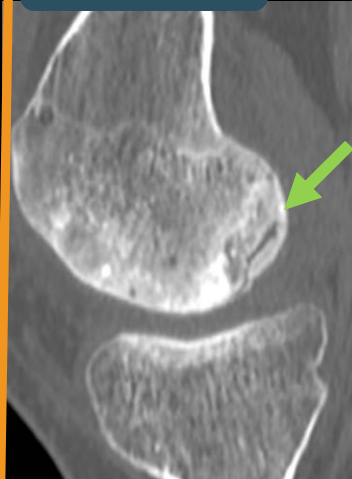
Dic 2022



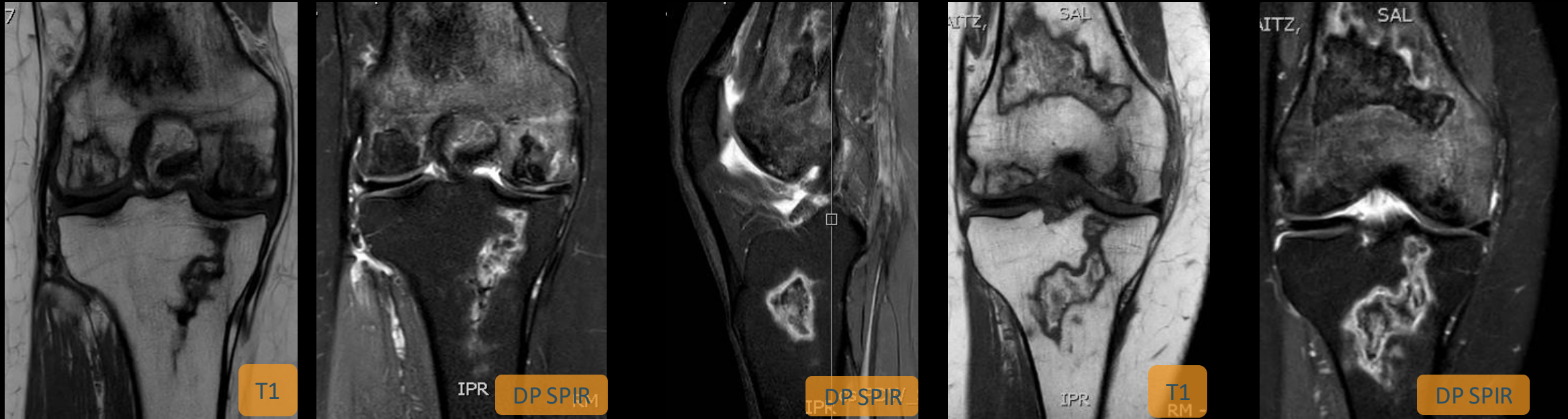
Mayo 2023



Jun 2023



Mujer de 39 años con tratamiento crónico con corticosteroides. En radiografía del 2022 se visualizan lesiones circunscritas por una línea hiperdensa serpiginosa en las metáfisis de fémur y tibia en rodilla derecha (flechas azules) y lineal y cóncava respecto a la superficie articular en los cóndilos. En radiografía lateral del 2023 se visualiza línea hipodensa en margen posterior del cóndilo interno de rodilla izquierda. En TC se visualiza el colapso a nivel de la superficie articular con el signo de la semiluna (flechas verdes) en relación al colapso del hueso subcondral.



RM de la rodilla derecha (secuencias T1 y DP SPAIR) de la misma paciente 2 años después. Se visualizan áreas de osteonecrosis en ambos cóndilos femorales y en ambas metáfisis con el característico signo de la doble línea



LESIÓN OSTEOCONDRALE TRAUMÁTICA AGUDA

- Más frecuentes en gente joven activa
- Son el resultado de una fuerza de gran impacto en un hueso normal, muchas veces internas, secundarias contacto hueso-contra-hueso: fracturas por impactación
- Dolor agudo con **antecedente traumático**
- Asocia derrame (hemartros/lipohemartros)
- La localización está determinada por el mecanismo de lesión

Lesión condral

Contusión ósea

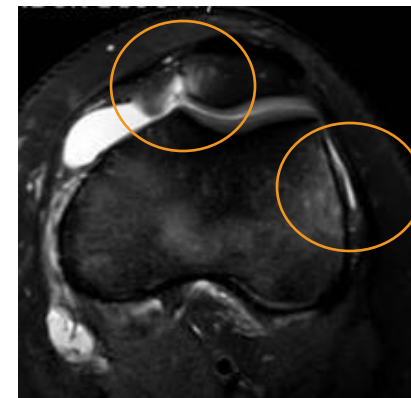
Fractura subcondral

FRACTURA OSTEOCONDRALE



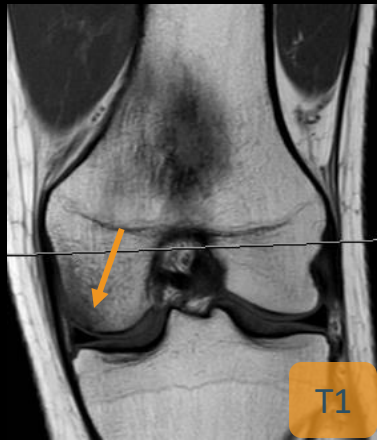
Fracturas por
impactación

Asocian lesión
del cartílago y
del hueso
subcondral

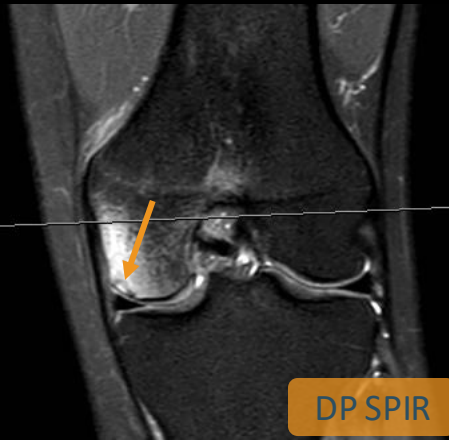




Caso 7



T1



DP SPIR

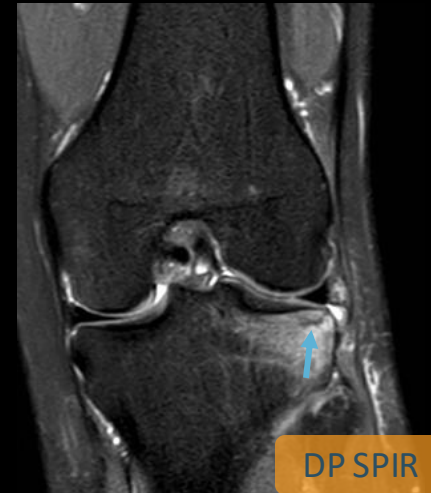


DP SPIR

Octubre 2017



T1



DP SPIR



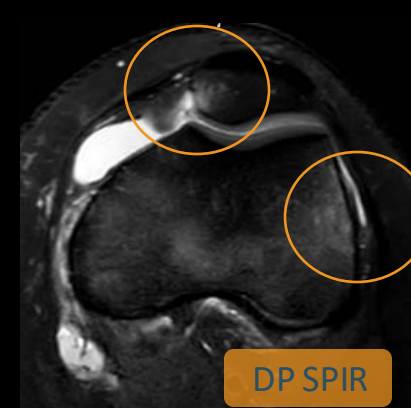
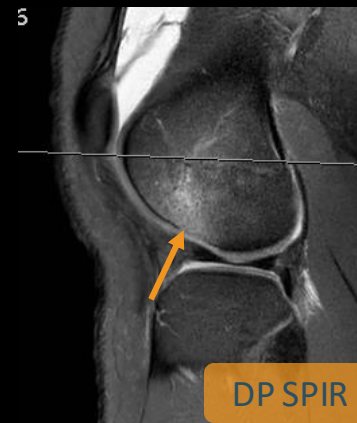
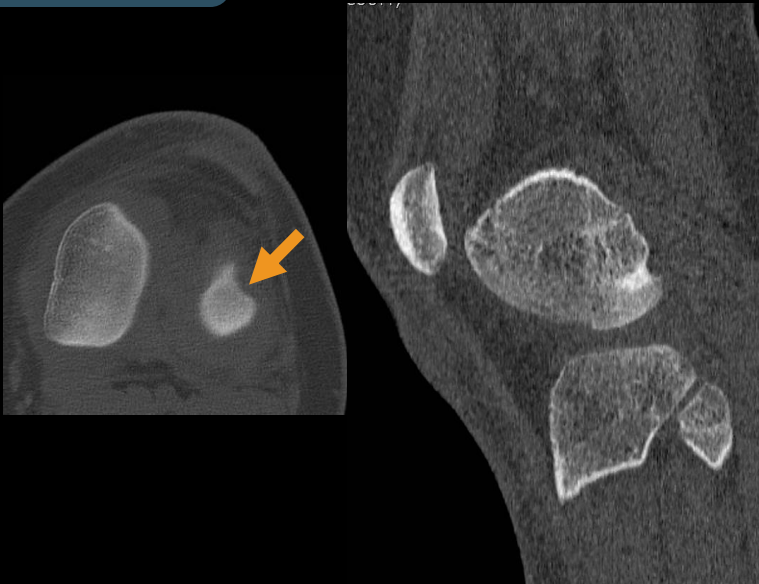
DP SPIR

Abril 2018

Chica joven de 26 años que practica artes marciales. En presenta línea hipointensa subcondral con edema óseo adyacente. Sin afectación de la superficie del cartílago. Hallazgos compatibles con fractura subcondral (flecha naranja). Al año presenta nuevamente dolor tras traumatismo: observamos resolución de la fractura subcondral previa en cóndilo interno. En el estudio actual se visualiza pequeña fractura trabecular subcondral en meseta tibial externa (flecha azul).



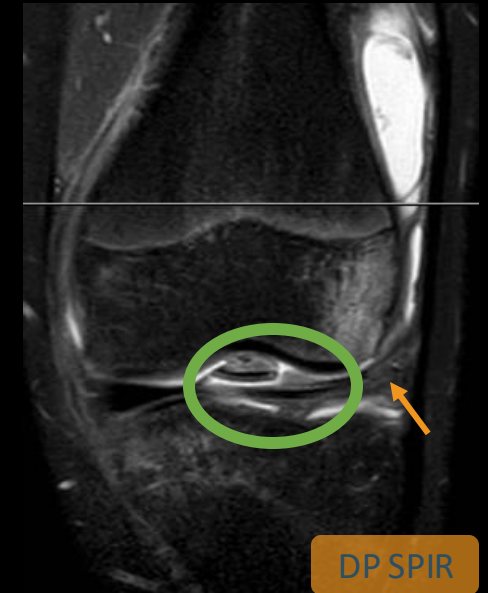
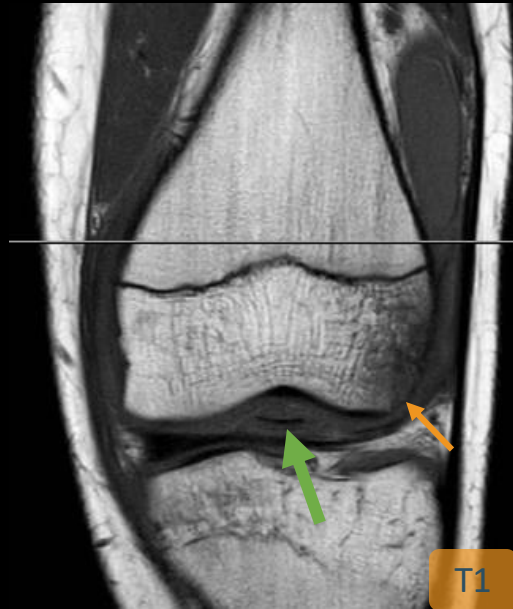
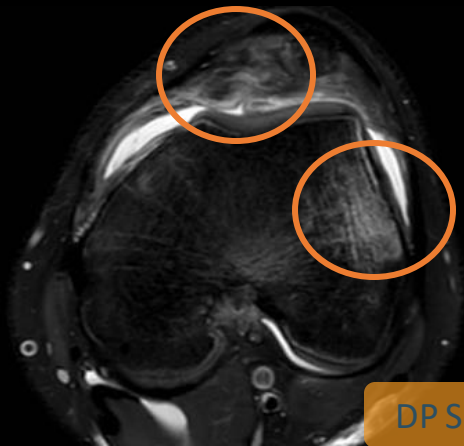
Caso 8



TC: varon de 15años. Fragmento óseo libre que se sitúa adyacente a cóndilo femoral externo. Hundimiento con defecto cortical del margen inferolateral del cóndilo externo. Hallazgos en relación a lesión osteocondral (flecha naranja) . Se completa con RM (T1 y DP SPAIR en tres planos visualizando similares hallazgos, con edema óseo asociado, que nos indica el mecanismo lesional de luxación lateral de la rótula (círculos naranjas).



Caso 9

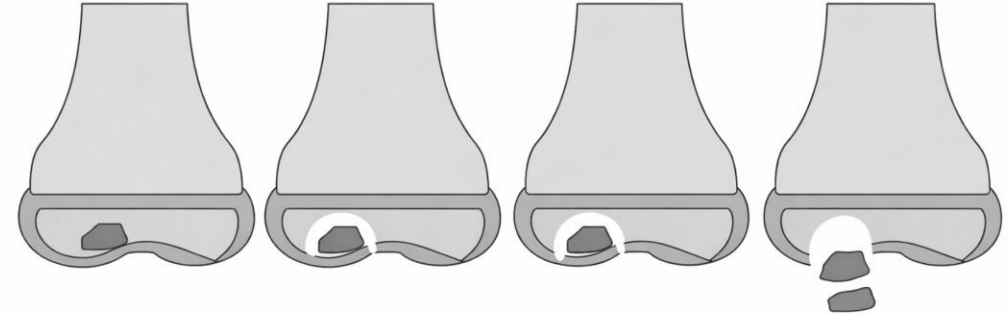


TC: varón de 17 años con antecedente de luxación patelar. Se visualiza lesión osteocondral en margen externo de la superficie de carga del cóndilo femoral externo (flecha naranja), asociada a edema óseo condilar, compatible con fractura osteocondral. El fragmento osteocondral desprendido (flecha verde) se encuentra desplazado, en línea media, anterior a los ligamentos cruzados.



OSTEOCONDritis DISECANTE

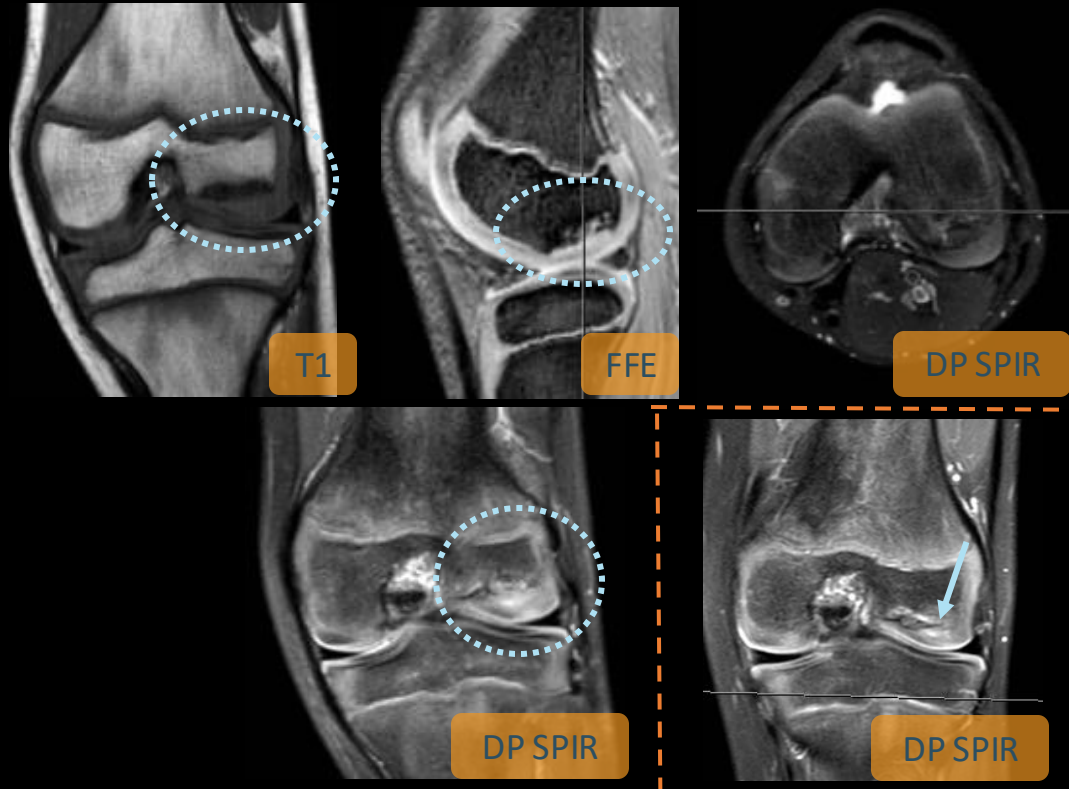
- Etiología desconocida y muy discutida.
- Riesgo de inestabilidad, separación y desprendimiento --> artrosis
- Las localizaciones clásicas son: aspecto lateral de cóndilos femorales y capitelum.
- Infancia +++, preadolescentes activos
- Clínica: dolor crónico y mal localizado. En estadios avanzados bloqueos.
- OCD vs VARIANTES DE LA OSIFICACIÓN NORMAL: un reto
 - Edad (<10 años en niñas y <13 años niños)
 - Integridad de la superficie articular (cartílago de la superficie articular íntegro)
 - Localización típica: margen posterior del cóndilo femoral sin extensión hacia el espacio intercondilar
 - Ausencia/ escaso edema óseo



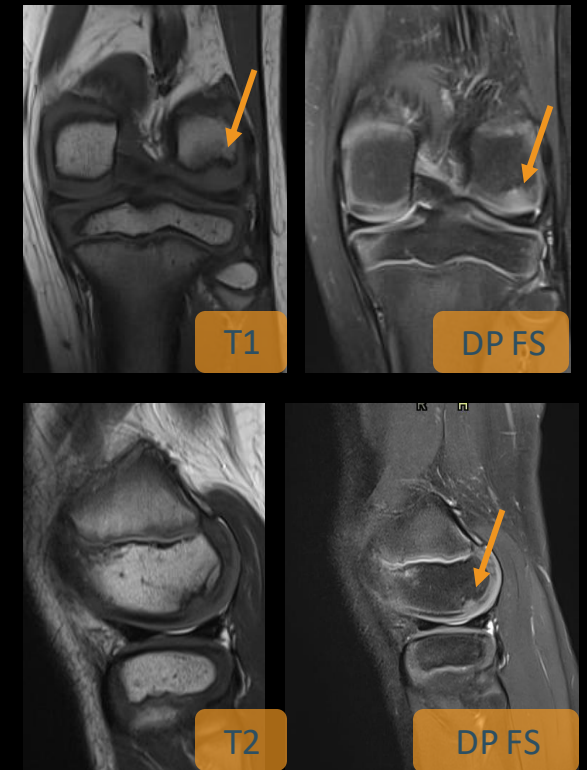


Casos 10 y 11: variantes de la osificación normal del cóndilo femoral

Caso 10



Caso 11



- Caso 10: niño de 10 años. Se visualiza una irregularidad ósea en la superficie inferoposterior del cóndilo externo, recubierta de cartílago normal. Sin edema circundante (círculo azul). Abajo a la derecha: RM de control a los seis meses: mayor osificación del margen inferoposterior del cóndilo (flecha azul).
- Caso 11: RM rodilla izquierda de niña de 7 años con similares hallazgos en relación a variante de la osificación (flechas naranjas).

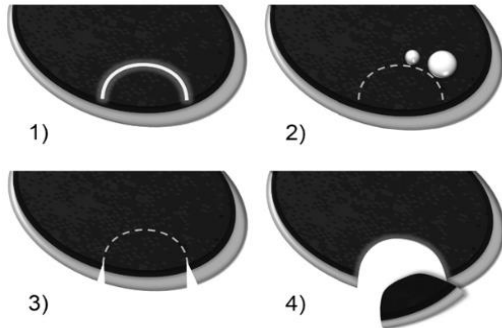


Radiografía y TC:

- Los hallazgos de buen pronóstico serán:
 - Respecto al fragmento: que esté mineralizado, que sea radiodenso, que no esté desplazado y que el contorno sea convexo
 - Que no haya esclerosis en el hueso de origen y que no seamos capaces de delimitar bien la interfaz entre fragmento y hueso nativo

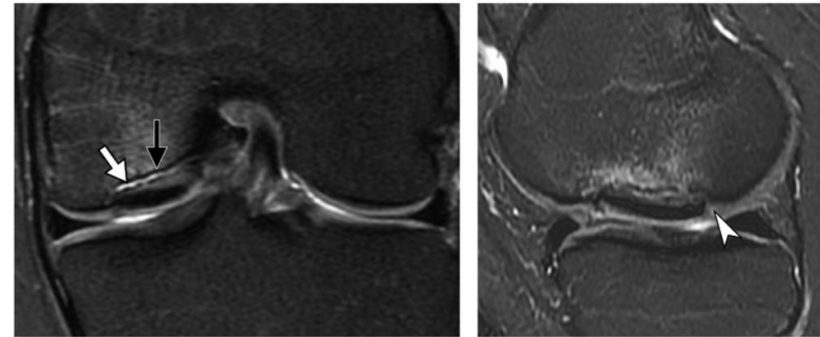
RM:

CUATRO SIGNOS CLÁSICOS¹



1. Hiperintensidad en la interfase entre el fragmento y el hueso adyacente en secuencias T2
2. Quistes en profundidad a la lesión
3. Línea hiperintensa que se extiende a través del cartílago articular que recubre la lesión
4. Defecto osteocondral focal rodeado por líquido articular (indica separación completa del fragmento)

3 SIGNOS SECUNDARIOS (100%E) para la OCD JUVENIL⁸:



1. La hiperintensidad en la interfase entre el fragmento y el hueso adyacente en T2 únicamente es indicativo de inestabilidad si la señal es igual a la del líquido articular (flechas blancas)
2. Hay una segunda línea más externa hipointensa en secuencias T2 (flecha negra)
3. Múltiples interrupciones en la placa ósea subcondral en T2 (puntas de flecha)
4. Los quistes que rodean la osteocondritis únicamente indicarán inestabilidad si son múltiples o mayores de 5mm

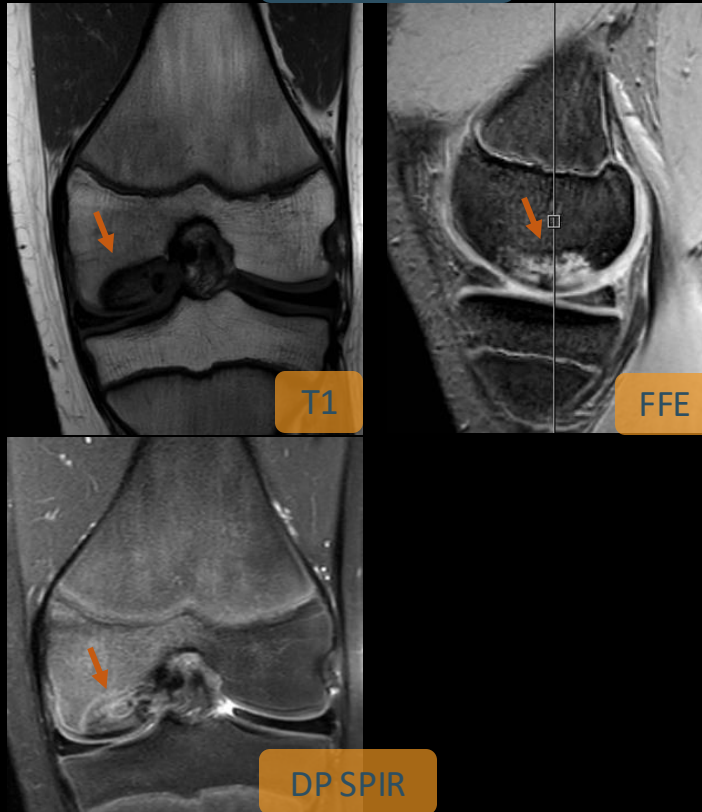


Caso 12



Abril 2018

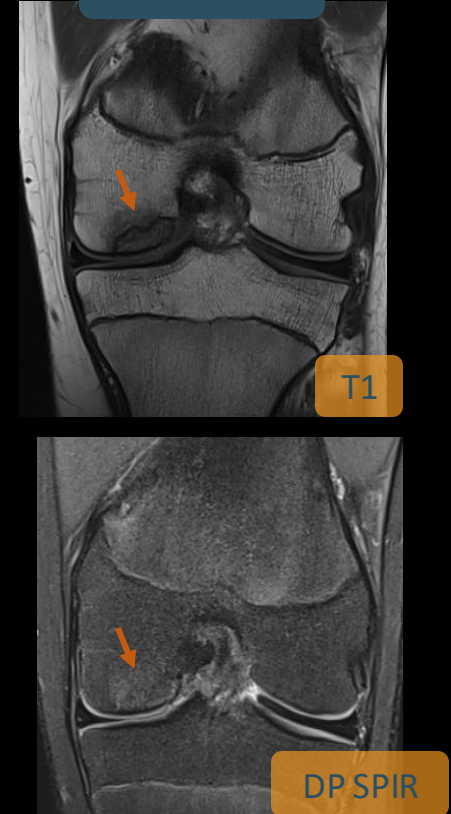
Junio 2018



Agosto 2019



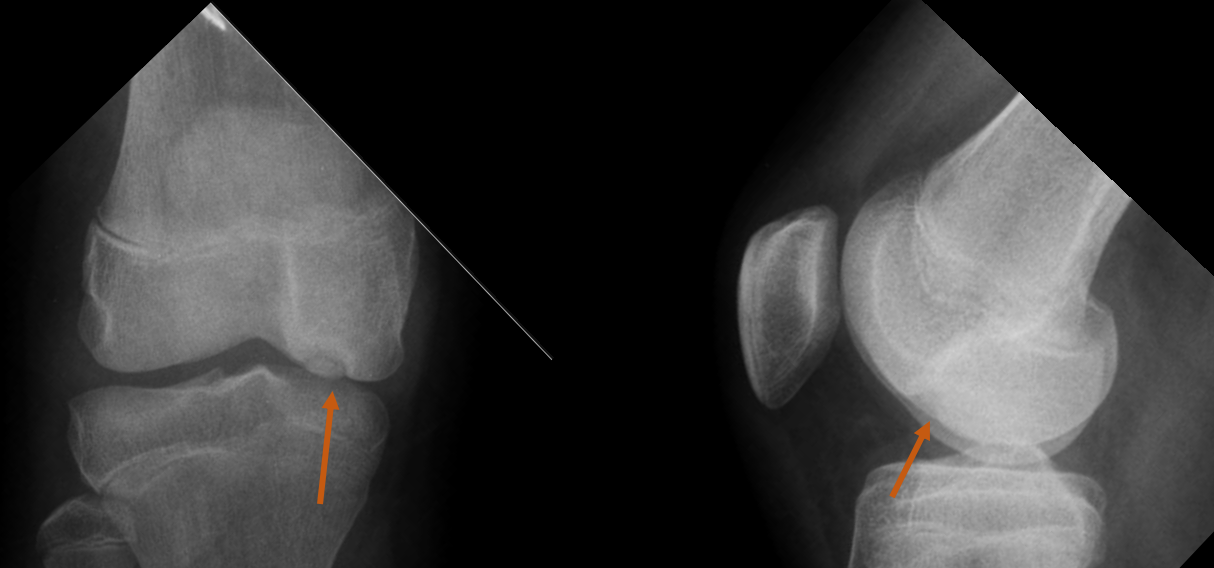
Julio 2020



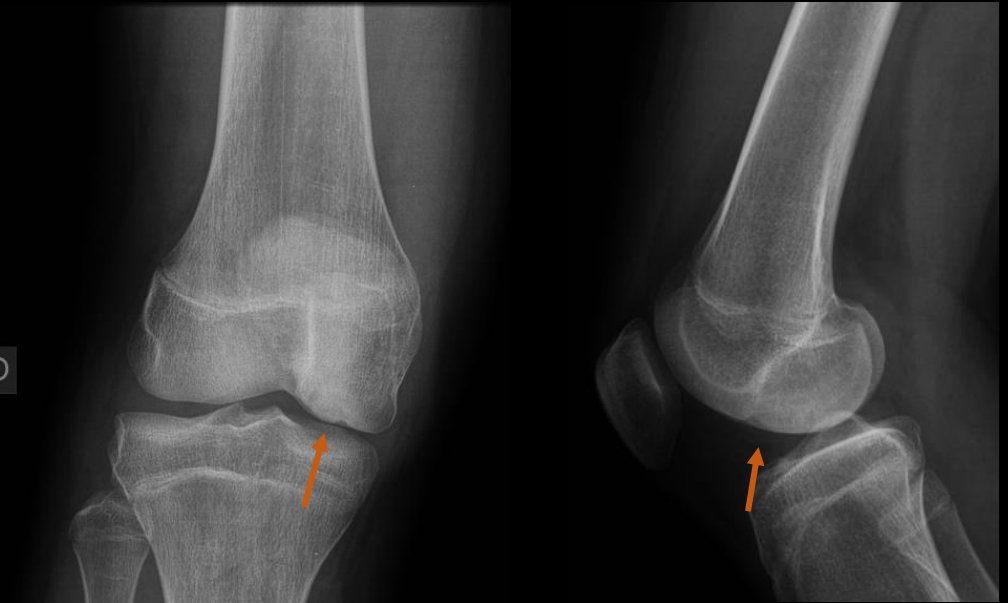
Radiografía AP rodilla izquierda: lesión osteocondral en el cóndilo femoral medial (flecha naranja). En RM se visualiza la lesión que presenta hiperintensidad a nivel de la interfase con el hueso nativo en secuencias DP SPIR, siendo su intensidad menor que el líquido articular. Cartílago articular íntegro. Ambos signos de buen pronóstico en OCD juvenil. En el control al año existe discreta mayor osificación de la lesión y peor delimitación de la interfase, signos ambos de buena evolución. En el control al año se visualiza extensa osificación de la lesión y práctica desaparición de la interfase.



Caso 13



D

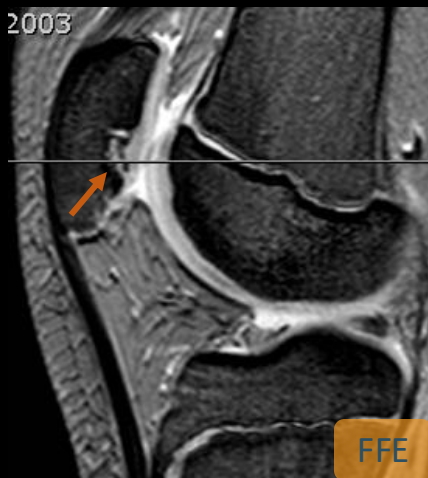


Joven de 13 años a la que se realiza radiografía AP y lateral de rodilla derecha por traumatismo sobre rótula (izquierda). Como hallazgo incidental se identifica lesión en el margen lateral del cóndilo femoral medial con interfase radiolúcida con el resto del cóndilo. En radiografía de control al año (derecha) se visualiza osificación de la lesión y un borramiento de la interfase entre la lesión y el cóndilo femoral en relación a buena evolución de la lesión con mayor integración en el cóndilo medial.

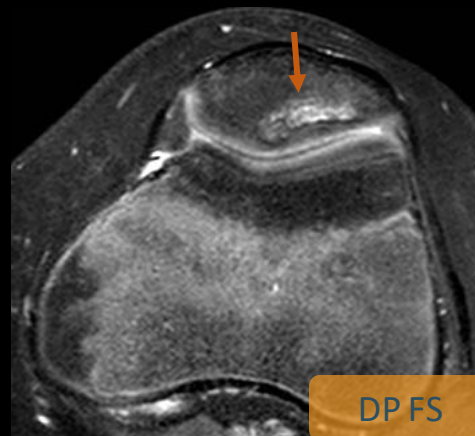
Caso 14



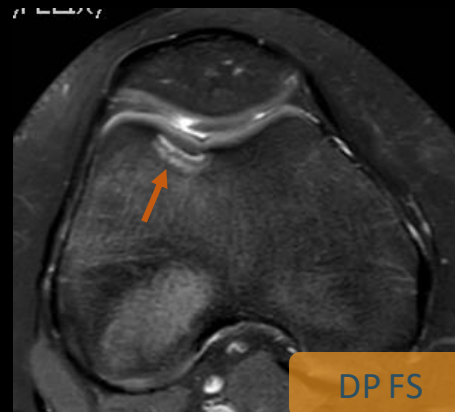
2003



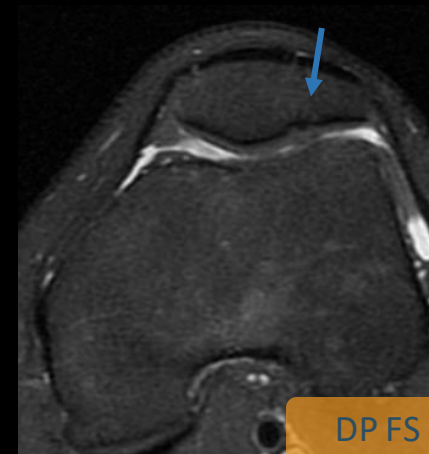
FFE



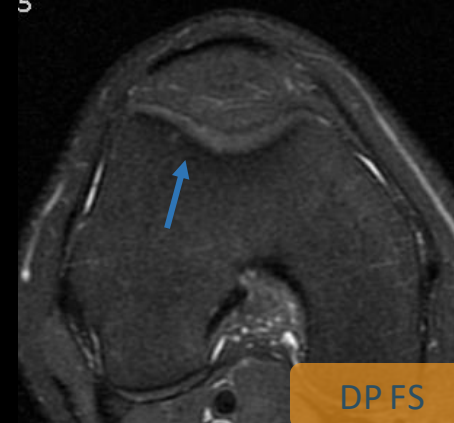
DP FS



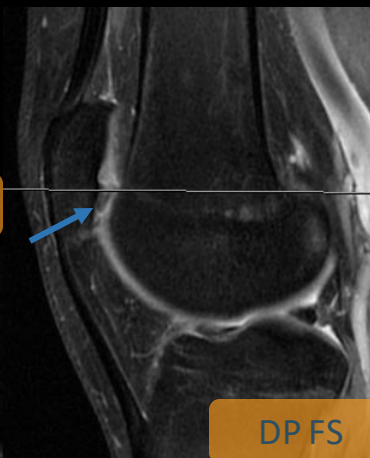
DP FS



DP FS



DP FS



DP FS

2019

2024

Varón de 14 años. En radiografía lateral de rodilla visualizamos una lesión osteocondral a nivel del margen inferior de la superficie articular de la rótula (flecha naranja). En RM se visualizan sendas lesiones en faceta rotuliana externa y en tróclea femoral con edema circundante (intensidad de señal menor que el líquido articular en secuencias DP FS) y cartílago articular íntegro. Tras años de buena evolución presenta resolución de ambas lesiones compatibles con osteocondritis disecante.

DX DIF	EPIDEMIOLOGIA	LOCALIZACIÓN	FACTORES DE RIESGO	TRAUMATISMO	CLÍNICA	HALLAZGOS RM
FX INSUFICIENCIA SUBCONDRA 	Adultos	Cóndilos femorales (+++medial)	Trabéculas debilitadas	No o mínimo	Dolor agudo de inicio agudo sin traumatismo o desencadenante	A: LÍNEA HIPOINTENSA B: ÁREA/BANDA HIPOINTENSA C: APLANAMIENTO/DEPRESIÓN CORTICAL y HENDIDURA SUBCONDRA CON SEÑAL LÍQUIDO D: EXTENSO EDEMA ÓSEO y de partes blandas
OSTEONECROSIS 	Adultos	Cóndilos femorales, mesetas tibiales	Corticoides, idiopática	NO	Dolor Puede ser asintomático hasta estadios avanzados	SIGNO DE LA DOBLE LÍNEA: Línea hipointensa externa (esclerosis): - El las epifisis: semiluna, banda, anillo, cuña - En las meta-diafisis: serpiginosa Línea hiperintensa interna ("zona de avance")
FX OSTEOCONDRA AGUDA 	Cualquier edad	-	-	Traumatismo agudo	Dolor	Lesión osteocondral y de partes blandas
OSTEOCONDRA DISCANTE 	Preadolescentes +++ Adultos	Cóndilo femoral medial > lateral		Microtraumatismos crónicos repetitivos	Variable desde asintomático (o dolor crónico mal localizado) hasta significativo y con bloqueos	Dependen de la maduración esquelética

BIBLIOGRAFÍA

- 1 GORBACHOVA, Tetyana, et al. Osteochondral lesions of the knee: differentiating the most common entities at MRI. *Radiographics*, 2018, vol. 38, no 5, p. 1478-1495.
 - 2 GORBACHOVA, Tetyana, et al. Nomenclature of subchondral nonneoplastic bone lesions. *American Journal of Roentgenology*, 2019, vol. 213, no 5, p. 963-982.
 - 3 OCHI, Junko, et al. Subchondral insufficiency fracture of the knee: review of current concepts and radiological differential diagnoses. *Japanese Journal of Radiology*, 2022, vol. 40, no 5, p. 443-457.
 - 4 BUTUROIU, Monica Maria; GHIEA, Sorin; WEBER, Marc-André. Subchondral insufficiency fractures: overview of MRI findings from hip to ankle joint. En *RöFo-Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*. Georg Thieme Verlag KG, 2024.
 - 5 MALGHEM, Jacques, et al. Subchondral insufficiency fractures, subchondral insufficiency fractures with osteonecrosis, and other apparently spontaneous subchondral bone lesions of the knee—pathogenesis and diagnosis at imaging. *Insights into imaging*, 2023, vol. 14, no 1, p. 164.
 - 6 LECOUVET, Frederic E., et al. Early irreversible osteonecrosis versus transient lesions of the femoral condyles: prognostic value of subchondral bone and marrow changes on MR imaging. *AJR. American journal of roentgenology*, 1998, vol. 170, no 1, p. 71-77.
 - 7 MURPHEY, Mark D., et al. From the radiologic pathology archives imaging of osteonecrosis: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics*, 2014, vol. 34, no 4, p. 1003-1028.
 - 8 KIJOWSKI, Richard, et al. Juvenile versus adult osteochondritis dissecans of the knee: appropriate MR imaging criteria for instability. *Radiology*, 2008, vol. 248, no 2, p. 571-578.
 - 9 HU, Hai, et al. Clinical value of MRI in assessing the stability of osteochondritis dissecans lesions: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Roentgenology*, 2019, vol. 213, no 1, p. 147-154.
 - 10 WILMOT, Andrew S., et al. Subchondral insufficiency fracture of the knee: a recognizable associated soft tissue edema pattern and a similar distribution among men and women. *European Journal of Radiology*, 2016, vol. 85, no 11, p. 2096-2103.
 - 11 FARRELL, Terence P., et al. Lateral femoral condyle insufficiency fractures: imaging findings, demographics, and analysis of outcomes. *Skeletal Radiology*, 2021, vol. 50, p. 189-199.
 - 12 ERIKSEN, Erik Fink; RINGE, Johan Diederich. Bone marrow lesions: a universal bone response to injury?. *Rheumatology international*, 2012, vol. 32, p. 575-584.
-

- 13 SAYYID, Samia, et al. Subchondral insufficiency fracture of the knee: grading, risk factors, and outcome. *Skeletal Radiology*, 2019, vol. 48, p. 1961-1974.
 - 14 HUSSAIN, Zaamin B., et al. The role of meniscal tears in spontaneous osteonecrosis of the knee: a systematic review of suspected etiology and a call to revisit nomenclature. *The American journal of sports medicine*, 2019, vol. 47, no 2, p. 501-507.
 - 15 YAMAGAMI, Ryota, et al. The role of medial meniscus posterior root tear and proximal tibial morphology in the development of spontaneous osteonecrosis and osteoarthritis of the knee. *The Knee*, 2017, vol. 24, no 2, p. 390-395.
 - 16 YAO, Lawrence; STANCZAK, Jeffrey; BOUTIN, Robert D. Presumptive subarticular stress reactions of the knee: MRI detection and association with meniscal tear patterns. *Skeletal radiology*, 2004, vol. 33, p. 260-264.
 - 17 HASHIMOTO, Shogo, et al. Medial meniscus extrusion as a predictor for a poor prognosis in patients with spontaneous osteonecrosis of the knee. *The Knee*, 2021, vol. 31, p. 164-171.
 - 18 BARRAS, Laurel A., et al. Post-arthroscopic subchondral insufficiency fractures of the knee yield high rate of conversion to arthroplasty. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 2021, vol. 37, no 8, p. 2545-2553
 - 19 ALLAM, Emad, et al. Subchondral insufficiency fracture of the knee: unicompartmental correlation to meniscal pathology and degree of chondrosis by MRI. *Skeletal Radiology*, 2021, vol. 50, p. 2185-2194.
 - 20 VIDONI, Alessandro, et al. Metaphyseal burst sign: a secondary sign on MRI of subchondral insufficiency fracture of the knee. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, 2018, vol. 62, no 6, p. 764-768.
 - 21 Murphey MD, Foreman KL, Klassen-Fischer MK, Fox MG, Chung EM, Kransdorf MJ. From the radiologic pathology archives imaging of osteonecrosis: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics*. 2014 Jul-Aug;34(4):1003-28. doi: 10.1148/rg.344140019. PMID: 25019438.
 - 22 STEVENS, Kathryn, et al. Subchondral fractures in osteonecrosis of the femoral head: comparison of radiography, CT, and MR imaging. *American Journal of Roentgenology*, 2003, vol. 180, no 2, p. 363-368.
 - 23 DUDA, Stephan H., et al. The double-line sign of osteonecrosis: evaluation on chemical shift MR images. *European journal of radiology*, 1993, vol. 16, no 3, p. 233-238.
 - 24 WALL, Eric J., et al. Novel radiographic feature classification of knee osteochondritis dissecans: a multicenter reliability study. *The American journal of sports medicine*, 2015, vol. 43, no 2, p. 303-309.
 - 25 HUGHES, Jacqueline A., et al. Juvenile osteochondritis dissecans: a 5-year review of the natural history using clinical and MRI evaluation. *Pediatric radiology*, 2003, vol. 33, p. 410-417.
-