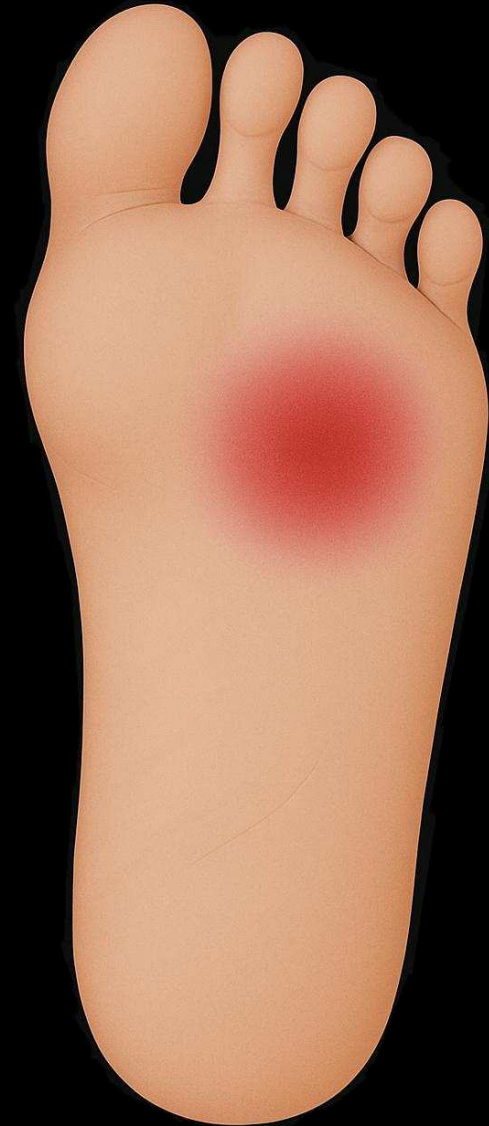


Metatarsalgia

Evaluación paso a paso

Silvia Cayón Somacarrera, Rosa Landeras Álvaro, María del
Rosario García-Barredo Pérez, Elena Gallardo Agromayor

Hospital Universitario Marqués de Valdecilla



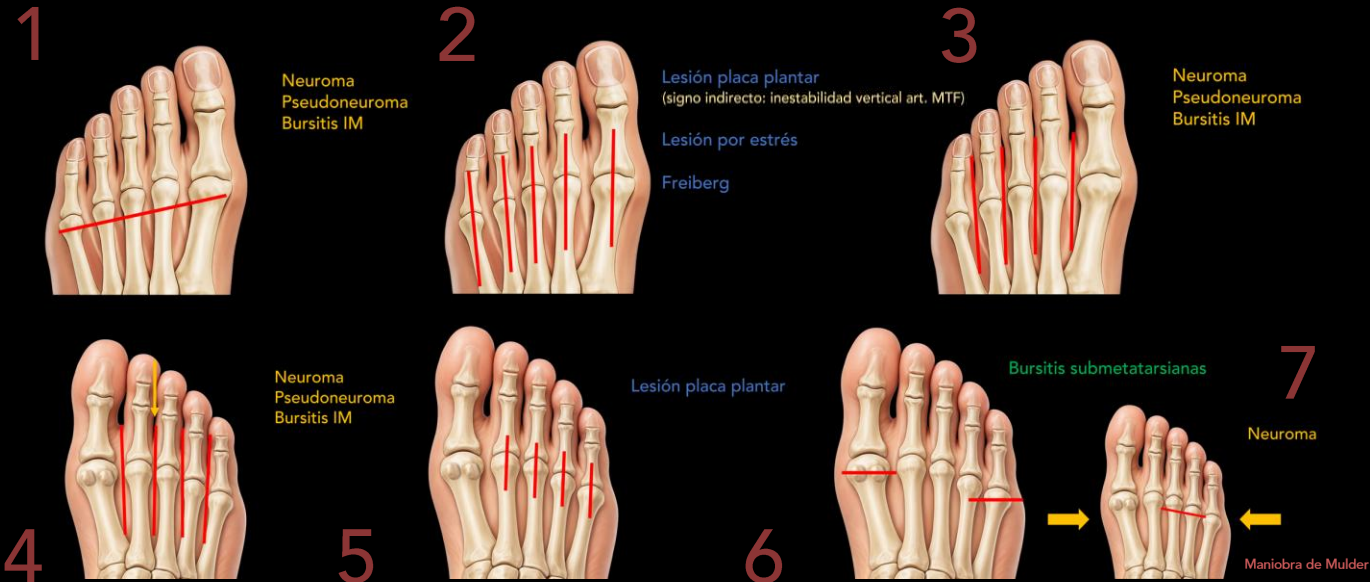
Definición

Dolor en región metatarsiana, articulaciones metatarsofalángicas, espacios intermetatarsianos y/o tejidos blandos submetatarsianos

Diagnóstico diferencial

Lesión nerviosa	Degeneración	Trauma		Otras lesiones de partes blandas	Artropatías	Infección
Neuroma interdigital	Lesión de la placa plantar (+ pseudoneuroma)	Hueso	Partes blandas	Bursitis	Hallus valgus / varus / rigidus	Osteomielitis
		Lesiones por estrés	Turf toe (Dedo "de césped")	Trombosis venosa	AR	
			Sand toe (Dedo "de arena")		Gota	

Protocolo (ecografía)



Neuroma interdigital

Localización: 3^{er} espacio IM (Morton) > 2^o espacio IM (Hausen) (Bilateral en el 21% de los pacientes)

Epidemiología: mujeres > hombres Lesiones >5 mm (eje transversal) → Más frecuentemente sintomáticas

Causa: compresión del nervio interdigital contra el ligamento intermetatarsiano profundo
(produce fibrosis y degeneración del perineuro)

El **nervio interdigital del 3^{er} espacio** se lesiona + FREC debido a:

1. Mayor grosor (convergencia de ramas del nervio plantar medial y lateral)
2. Localización entre la columna central rígida y la columna lateral móvil del pie

Heuter, Hausen, Morton, Iselin, (Joplin)

0 - 2,5%

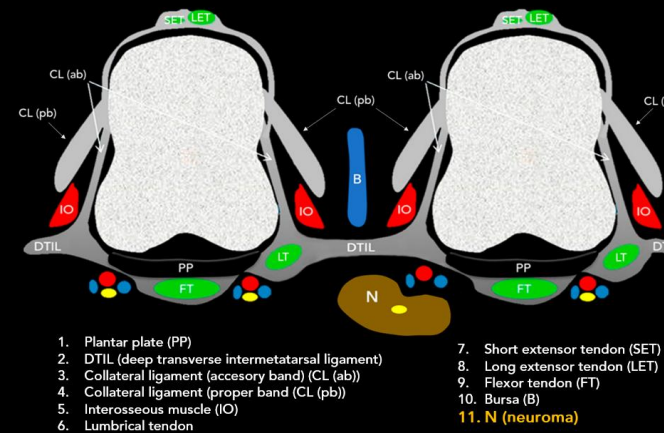
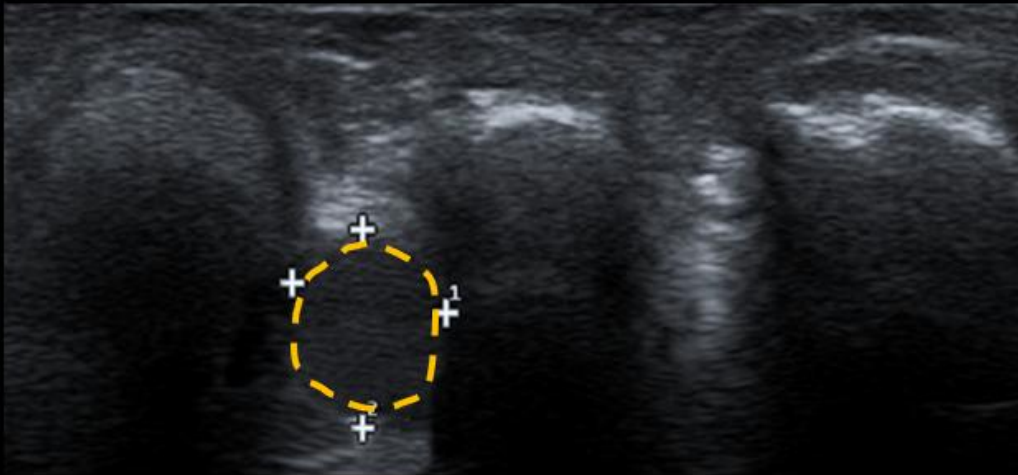
18 - 31%

64 - 91%

0 - 6%



Neuroma interdigital

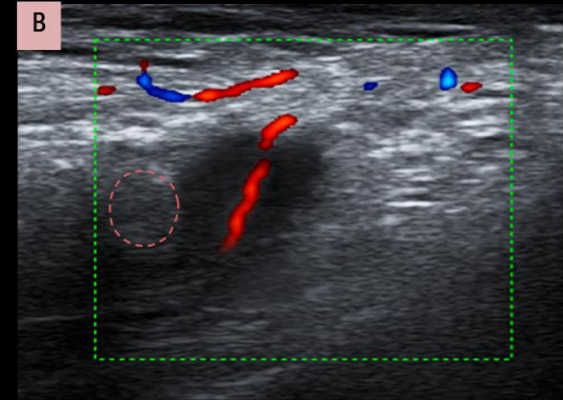
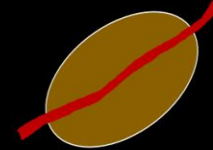
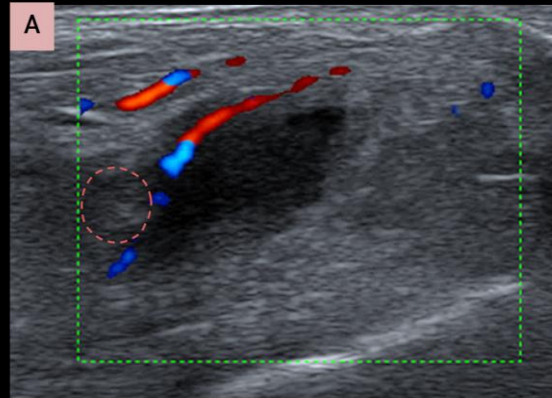
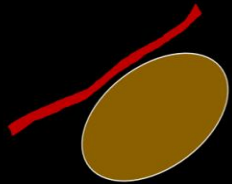


El **abordaje transversal dorsal** ayuda a identificar de forma preliminar una lesión en el espacio intermetatarsiano

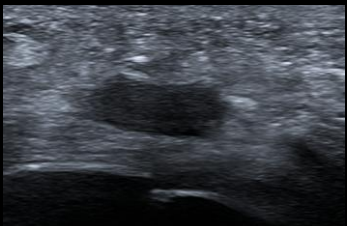
La aplicación de compresión desde el lado opuesto al transductor puede mejorar aún más la visualización



Neuroma interdigital

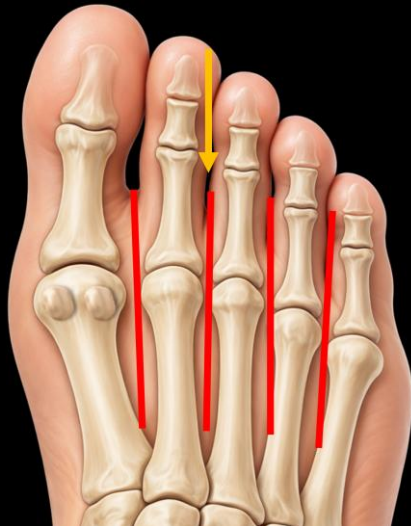


Plantar (A) o rodeando (B) a la
arteria intermetatarsiana
Distal al ligamento intermetatarsiano profundo

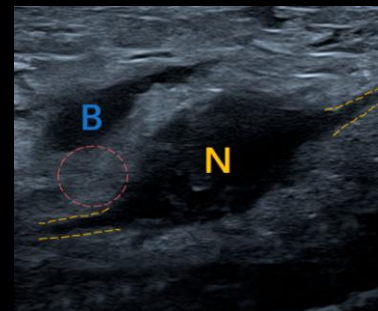


El abordaje longitudinal dorsal en ocasiones resulta difícil, especialmente en el 2º espacio intermetatarsiano debido a sus dimensiones más estrechas

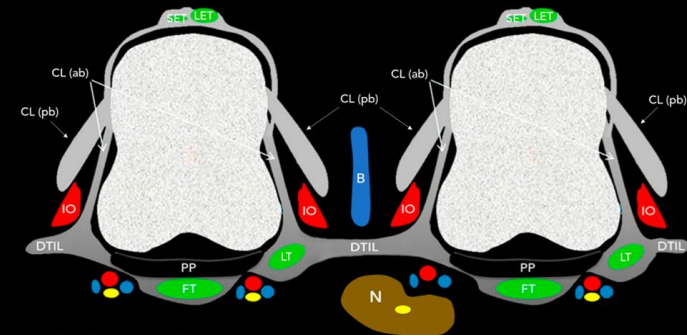
En esos casos nos podemos ayudar del **abordaje plantar longitudinal** con compresión desde el lado opuesto al transductor para una mejor visualización



En ocasiones se puede identificar la continuidad entre el nervio interdigital y el neuroma

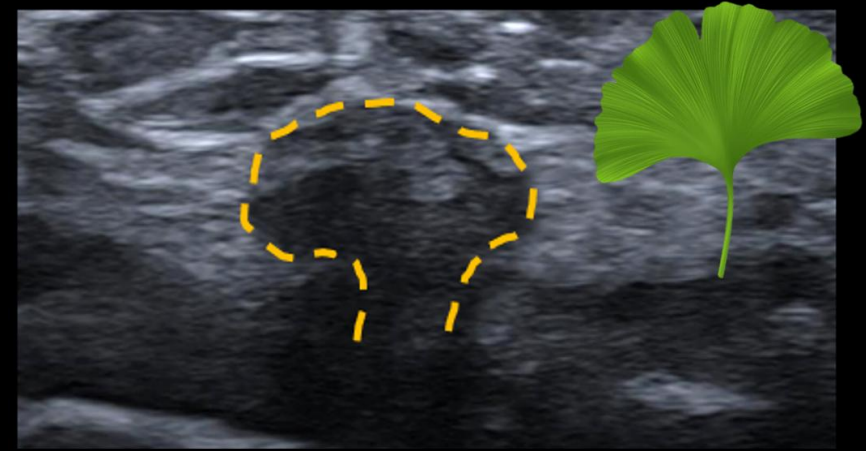
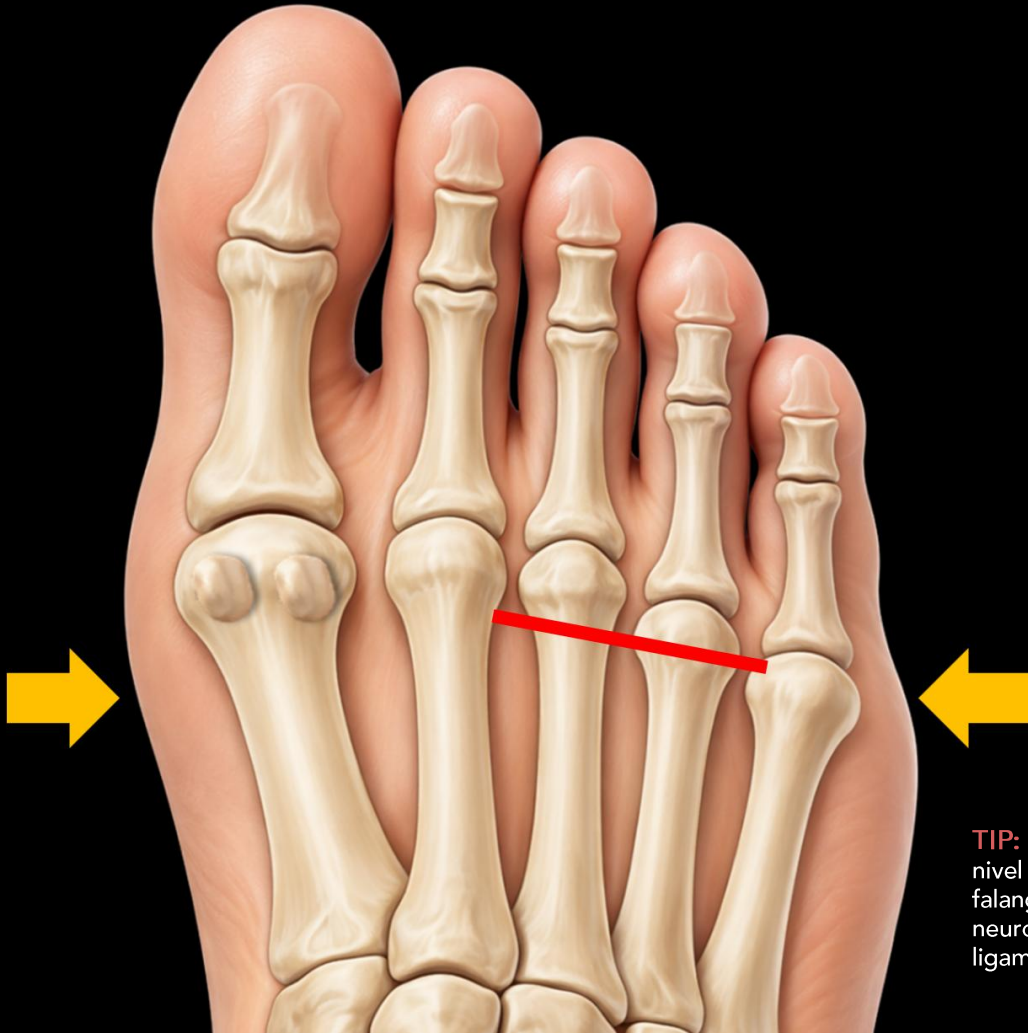


Bursa
Neuroma
Lig. intermetatarsiano

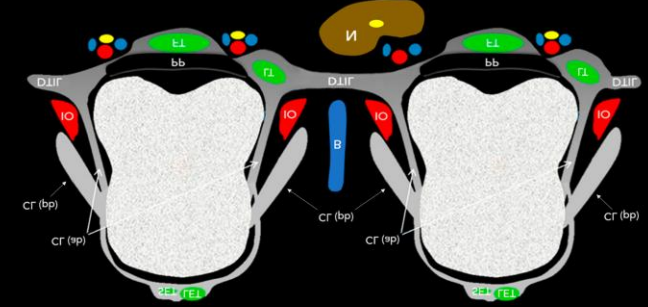


1. Plantar plate (PP)
2. DTIL (deep transverse intermetatarsal ligament)
3. Collateral ligament (accessory band) (CL (ab))
4. Collateral ligament (proper band) (CL (pb))
5. Interosseous muscle (IO)
6. Lumbrical tendon
7. Short extensor tendon (SET)
8. Long extensor tendon (LET)
9. Flexor tendon (FT)
10. Bursa (B)
11. N (neuroma)

Neuroma interdigital

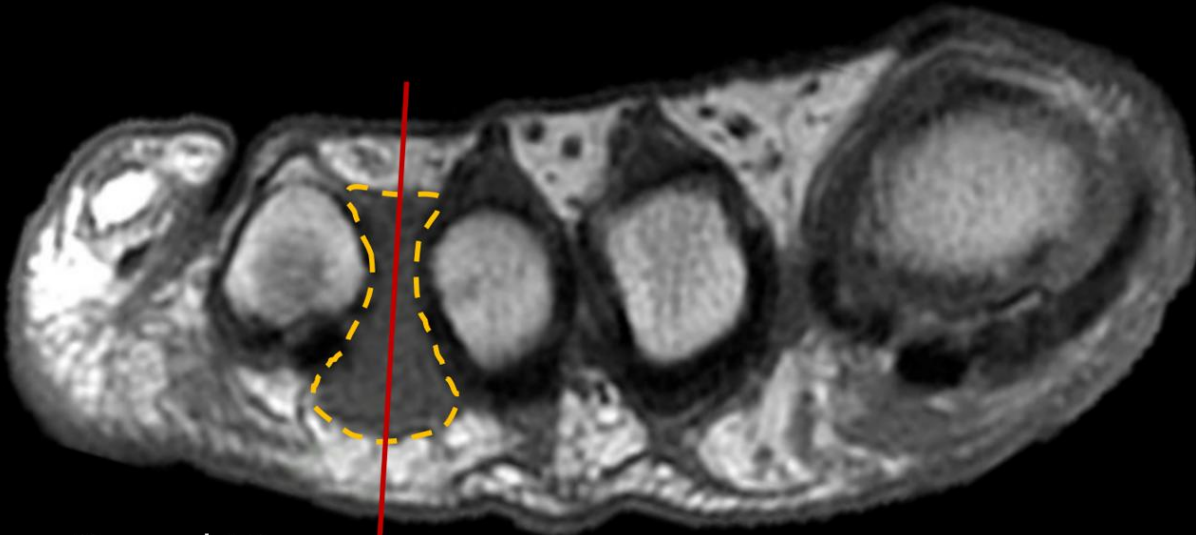


El **Mulder ecográfico** se evalúa comprimiendo el antepié mientras el transductor se coloca en eje transversal en la cara plantar. El neuroma se manifiesta como una lesión hipoecogénica con forma de **"hoja de ginkgo"** que protruye plantarmente desde el espacio intermetatarsiano, acompañándose frecuentemente de dolor y sensación de chasquido



TIP: colocar el transductor a nivel de la base de las falanges proximales ya que el neuroma se localiza distal al ligamento intermetatarsiano

Neuroma interdigital



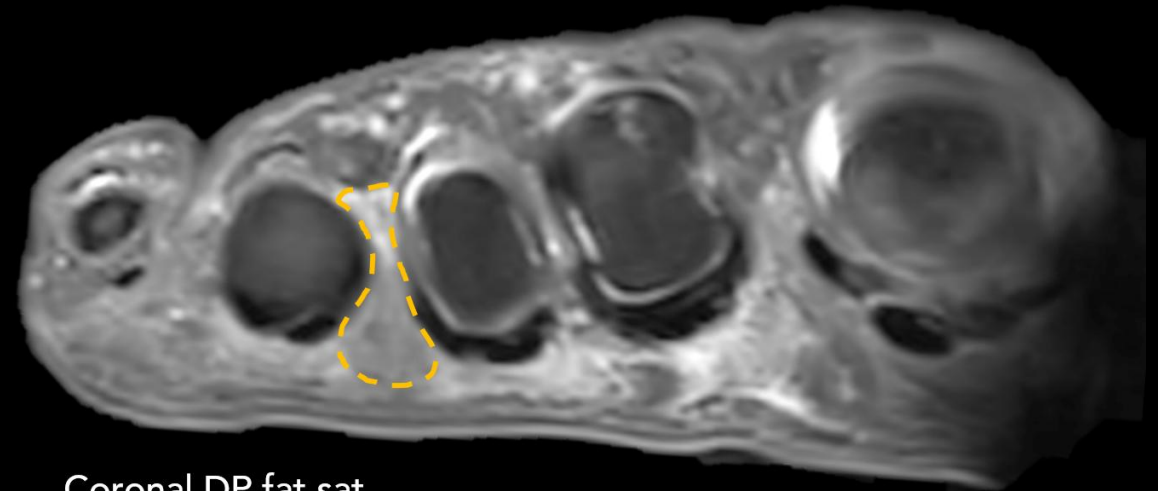
Coronal T1



Morfología de **cacahuete** con localización **central** en el EIM

- T1: **hipointenso** → + **IMPORTANTE**
- Secuencias sensibles a líquido: isointenso / ligeramente hipointenso
- Estudio postcontraste: variable
 - Reciente o activo: captación intensa (por edema e inflamación)
 - Crónico: captación escasa (por fibrosis y pobre vascularización)

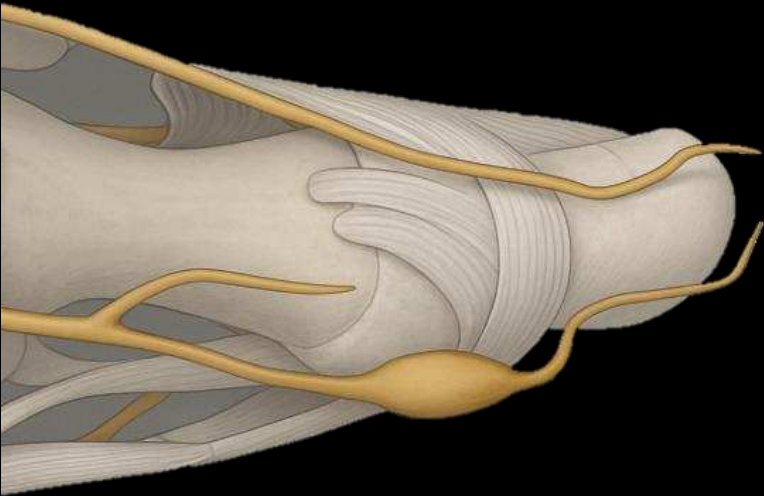
Señal en relación a la grasa plantar



Coronal DP fat sat

Neuroma digital

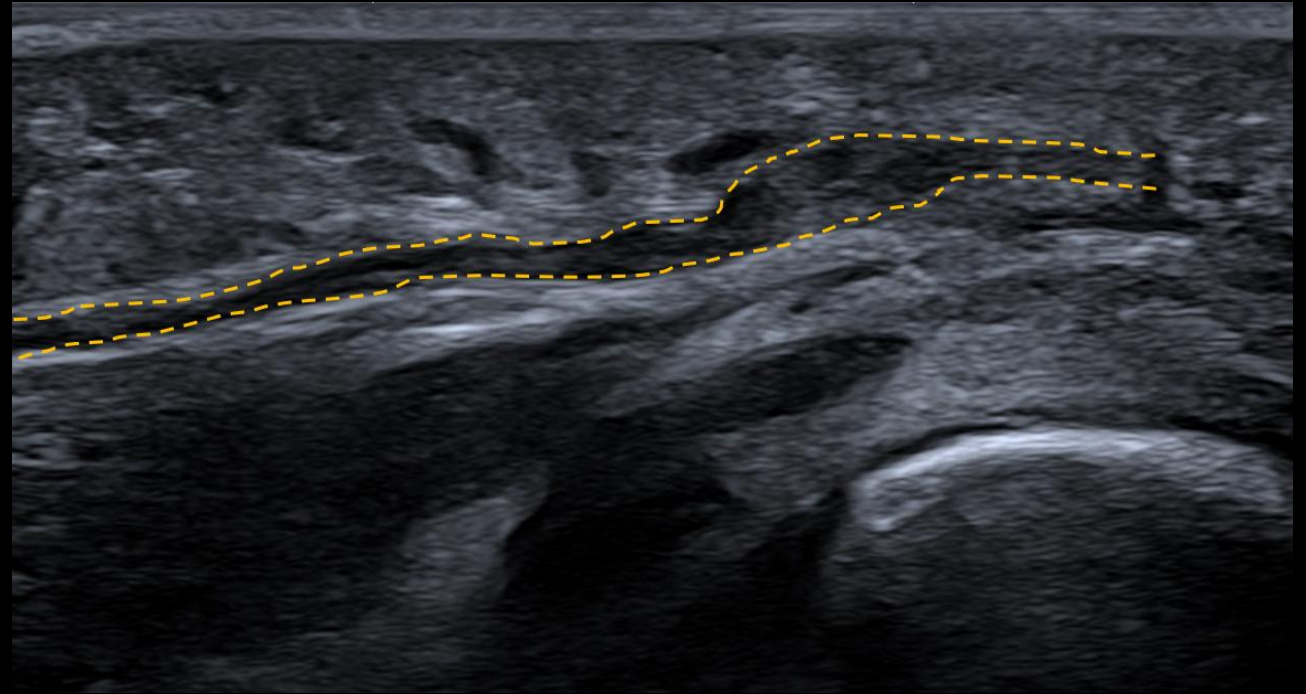
Joplin



Lesión del **nervio plantar medial**

Causa:

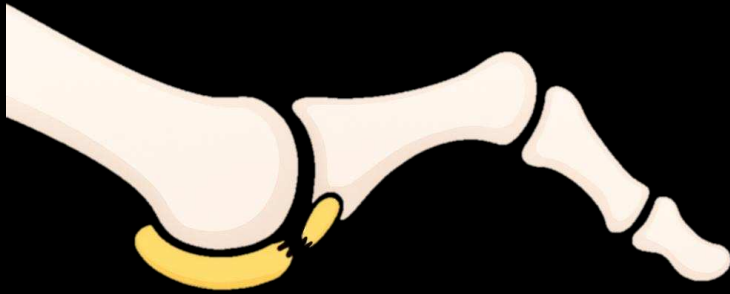
1. Hallux valgus / hallux rigidus
2. Tofos
3. Calzado inadecuado



Engrosamiento fusiforme del nervio plantar medial a su paso bajo el sesamoideo medial

La compresión selectiva con la sonda reproduce los síntomas del paciente (Tinel ecográfico positivo)

Lesión de la placa plantar



* Factores de riesgo:

- 2º metatarsiano largo congénito* (>4.5 mm)
- Hallux valgus / rigidus
- Pie cavo
- Zapatos estrechos o de tacón
- AR
- Trauma directo



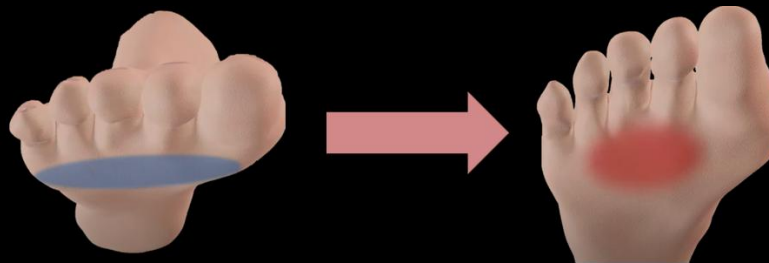
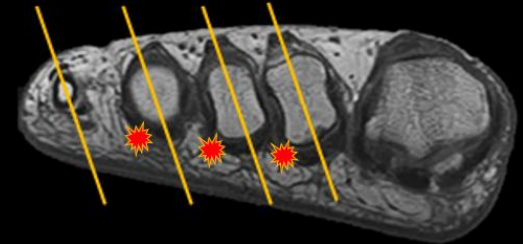
***Distancia** extremo distal cabeza del 2º metatarsiano - eje trazado entre cabezas de 1º y 3º metatarsianos > **4,5 mm**

Localización: 2º dedo (64%) > 3º dedo (32%) > 4º dedo (4%)

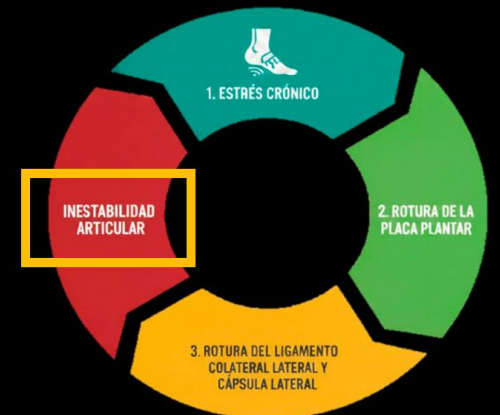
+FREC: parte lateral de su inserción en falange proximal
(carga mayor en esta zona por la supinación fisiológica de los metatarsianos)

Epidemiología: mujeres > hombres (>50 años)
40% de los pacientes con metatarsalgia

Causa: degeneración progresiva por alteración en la distribución de cargas* en antepié. Menos frecuente por traumatismo agudo

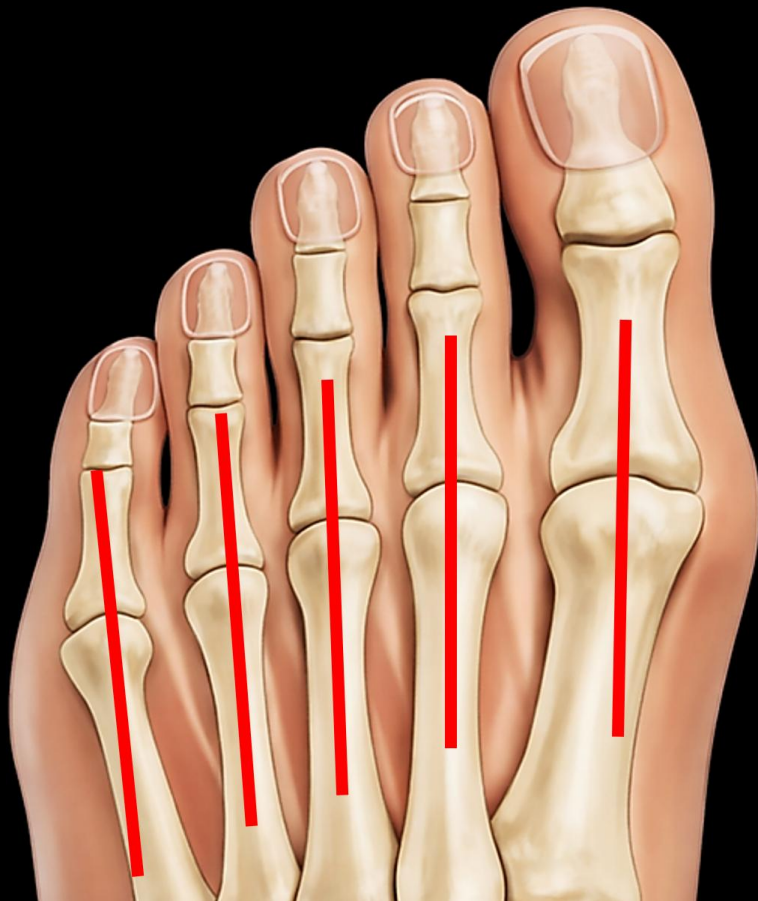


La rotura de la placa plantar va a producir inestabilidad articular tanto en eje vertical como en eje horizontal

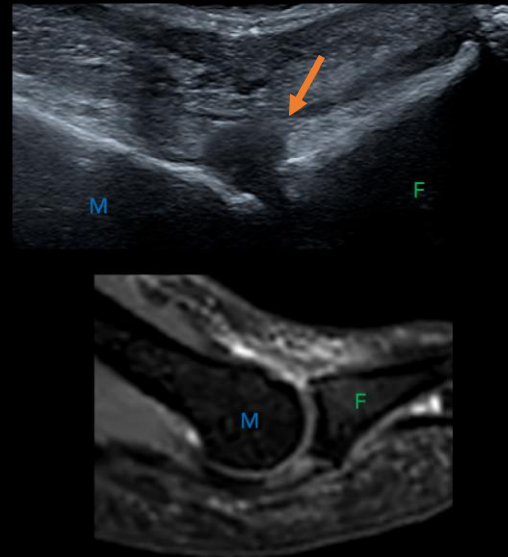


Lesión de la placa plantar

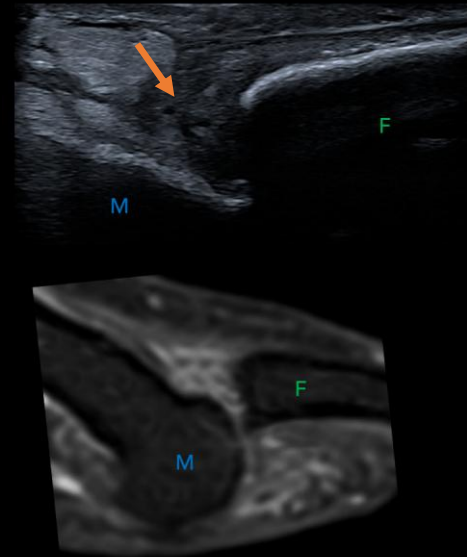
Inestabilidad metatarsofalángica vertical



Hiperextensión



Subluxación



F (falange)
M (metatarsiano)
Sinovitis

Rotura de
la PP

Hiperextensión
progresiva
MTF

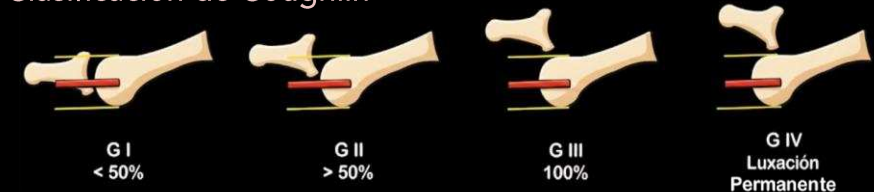
Subluxación

Luxación

+ Migración dorsal
tendones interóseos

↓
Pérdida función
flexora

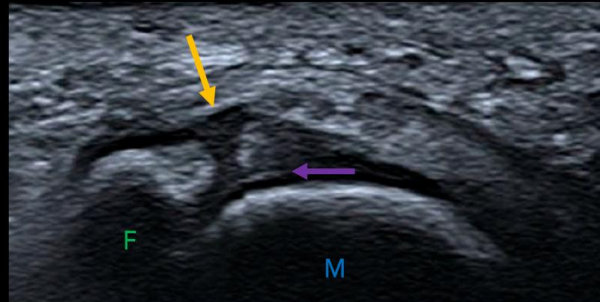
Clasificación de Coughlin



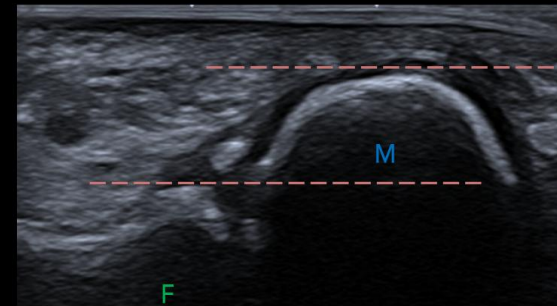
Lesión de la placa plantar



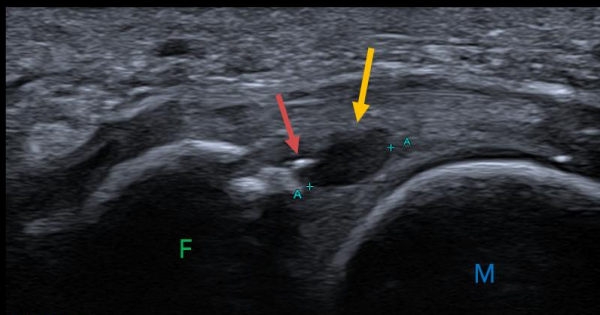
Rotura de espesor completo



Rotura completa de la placa plantar
con subluxación dorsal de la falange



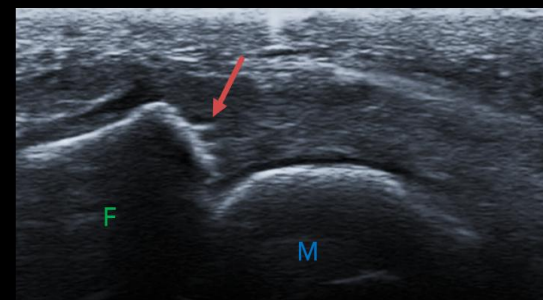
Rotura de espesor parcial



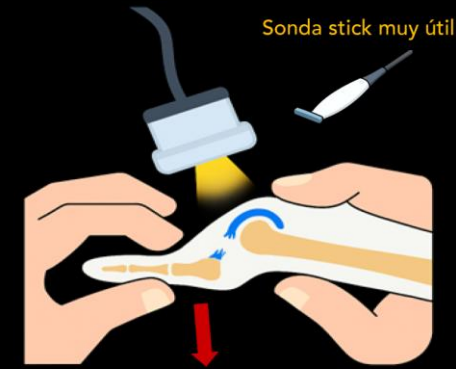
Rotura
Entesopatía
Signo de la interfaz del cartilago

Falange (F)
Metatarsiano (M)

Degeneración



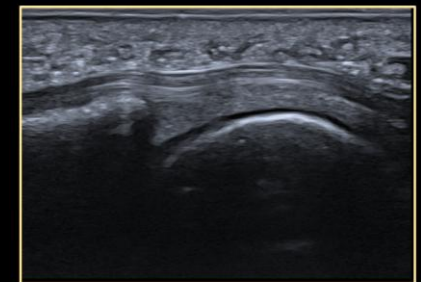
Engrosamiento e hipoeogenicidad
de la placa plantar



Hamilton-Thompson test: test de estrés vertical
Útil para identificar roturas y subluxación de la articulación MTF

[Click para vídeo 1](#)

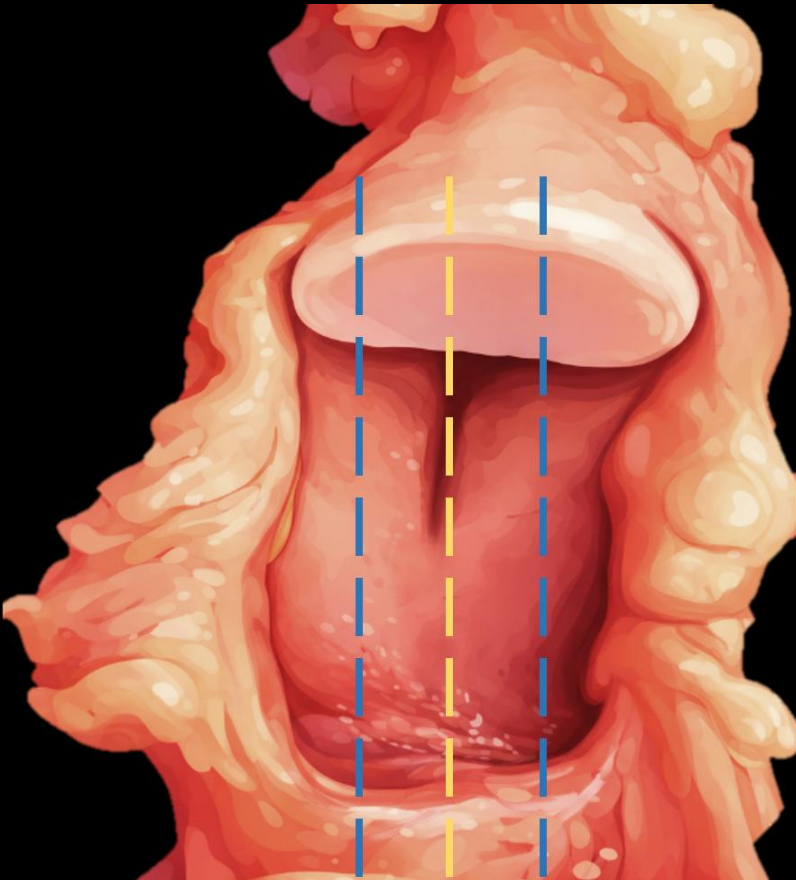
[Click para vídeo 2](#)



Placa plantar normal

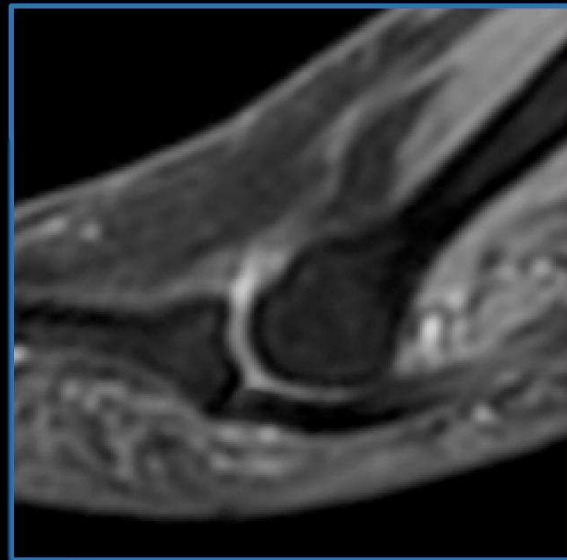
Lesión de la placa plantar

Anatomía normal en RM

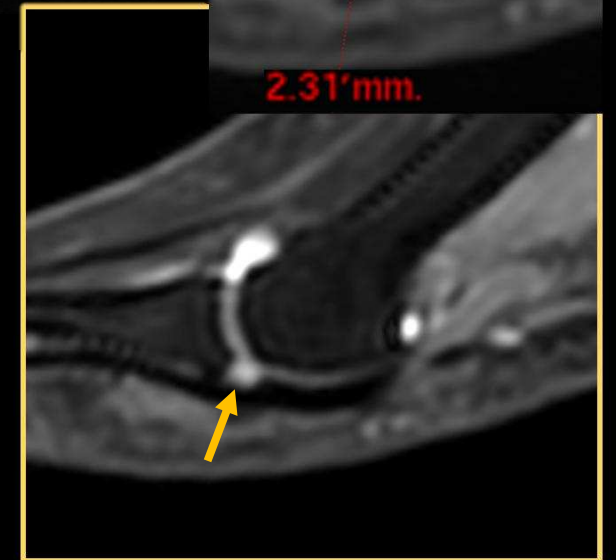
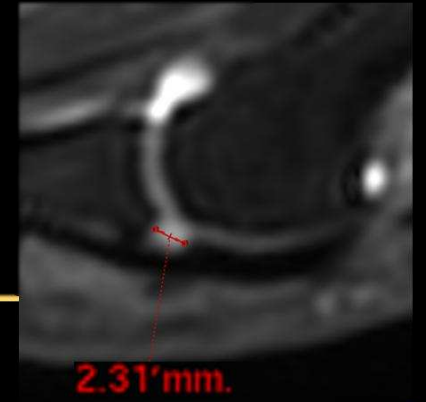
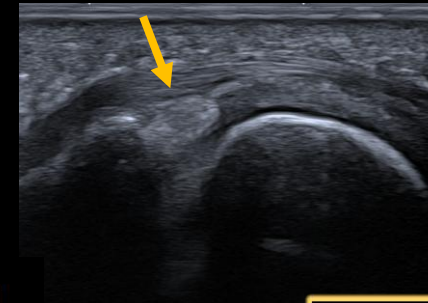


El **receso central** se identifica en **ecografía** como una hendidura hiperecogénica

Sagital



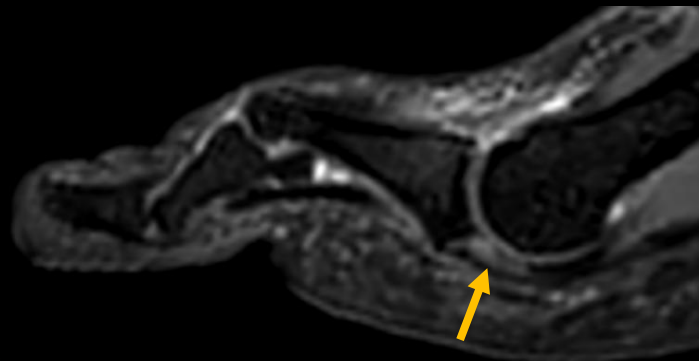
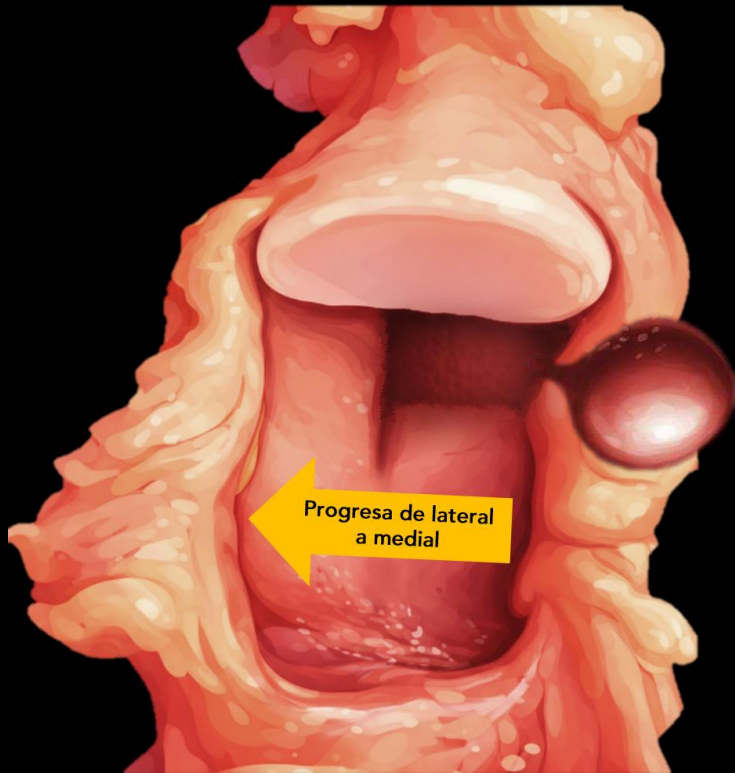
***Receso central**: no confundir con rotura



El **receso central** normal no debe medir más de **2,8 mm**

Lesión de la placa plantar

Rotura de la placa plantar



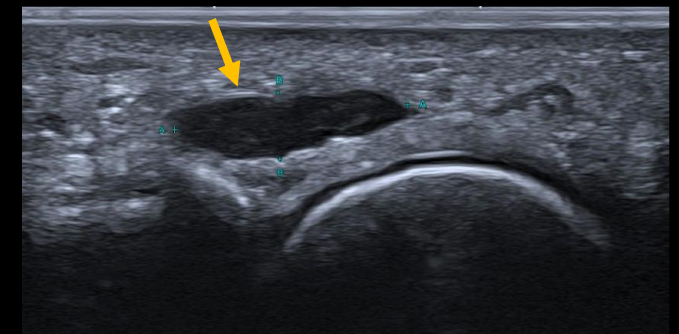
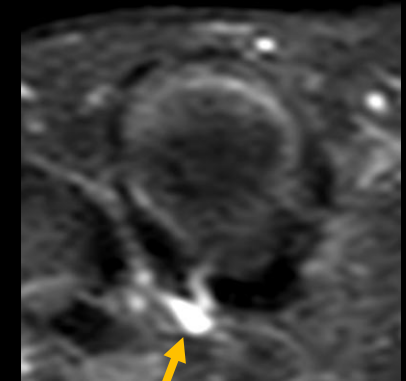
MUY IMPORTANTE: hacer 3D saturado

La placa plantar es una estructura de muy pequeño tamaño por ello son necesarios cortes finos para su valoración

[Click para ver vídeo](#)

Quiste paraplacar

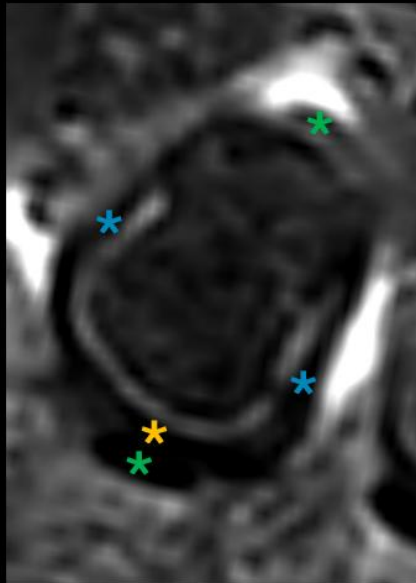
Signo indirecto de rotura de la placa plantar



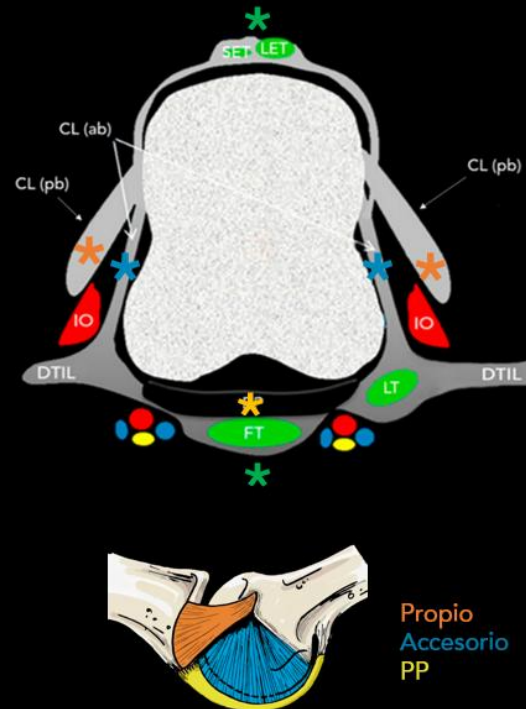
Lesión de la placa plantar

Anatomía normal en RM

Coronal

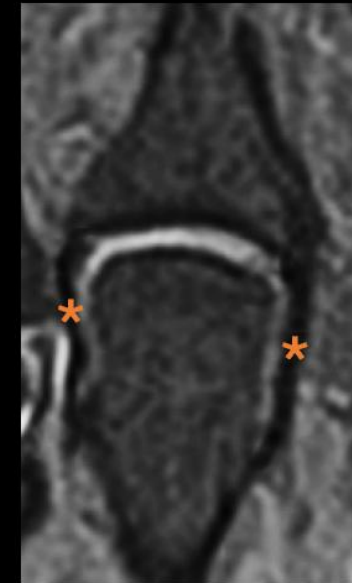


Tendones (extensores y flexor)
Ligamentos colaterales (accesorio)
Placa plantar



Propio
Accesorio
PP

Axial

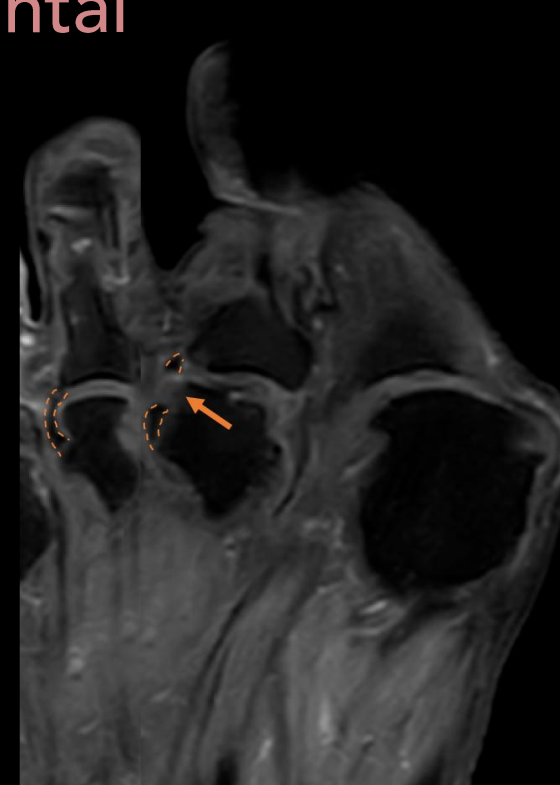
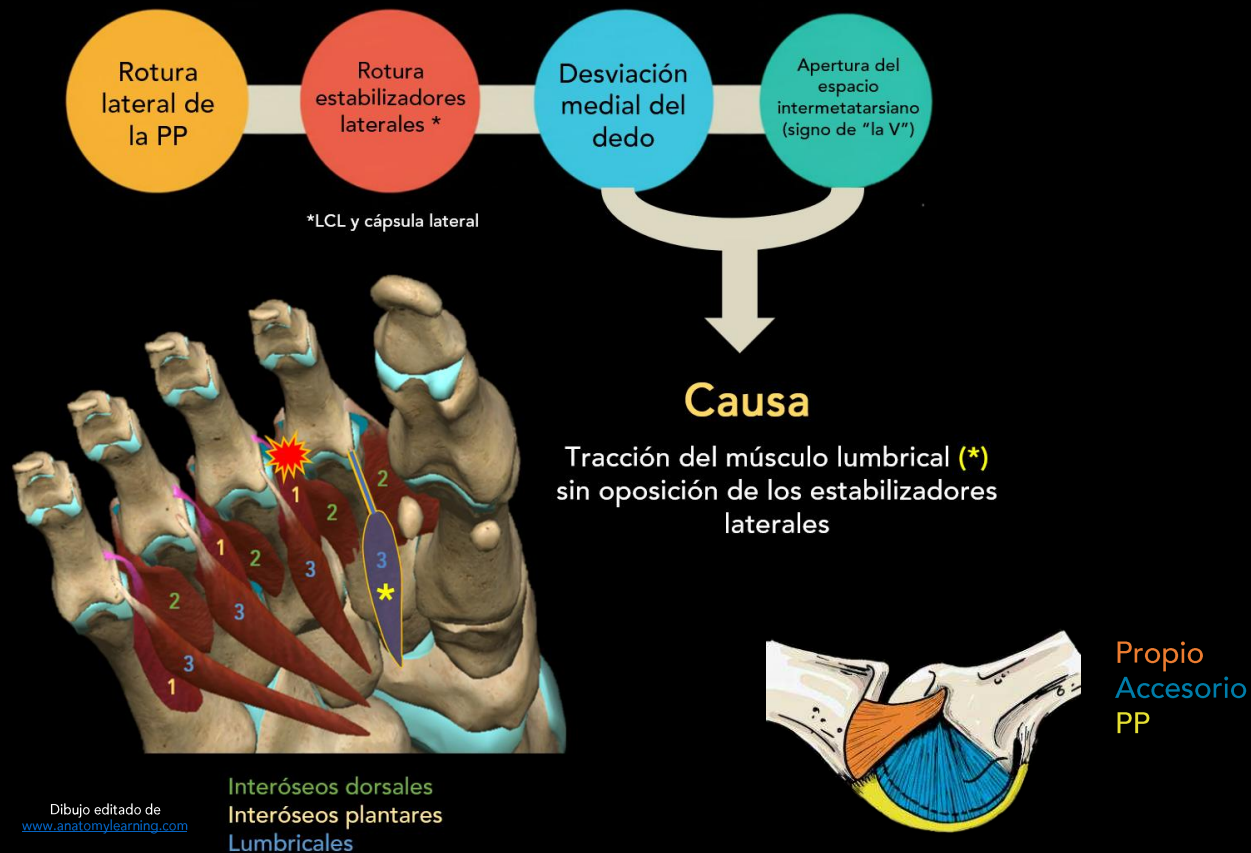


Ligamentos colaterales (propio)



Lesión de la placa plantar

Inestabilidad metatarsofalángica horizontal



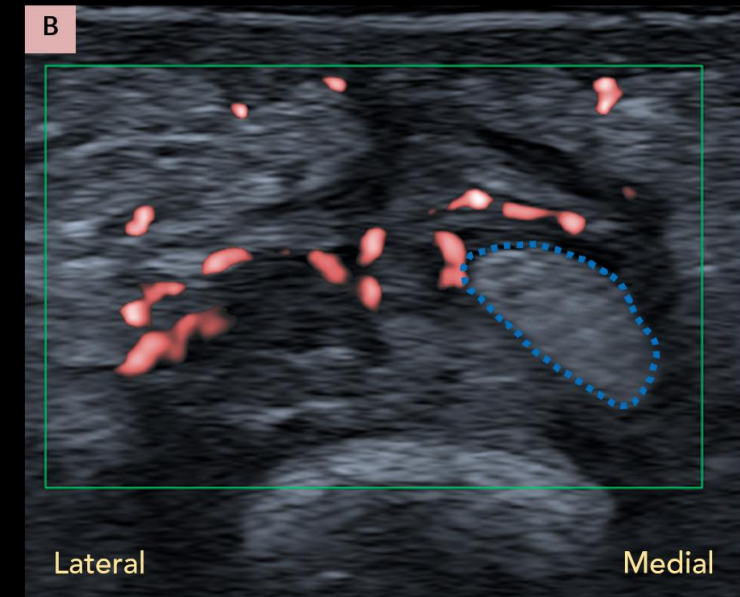
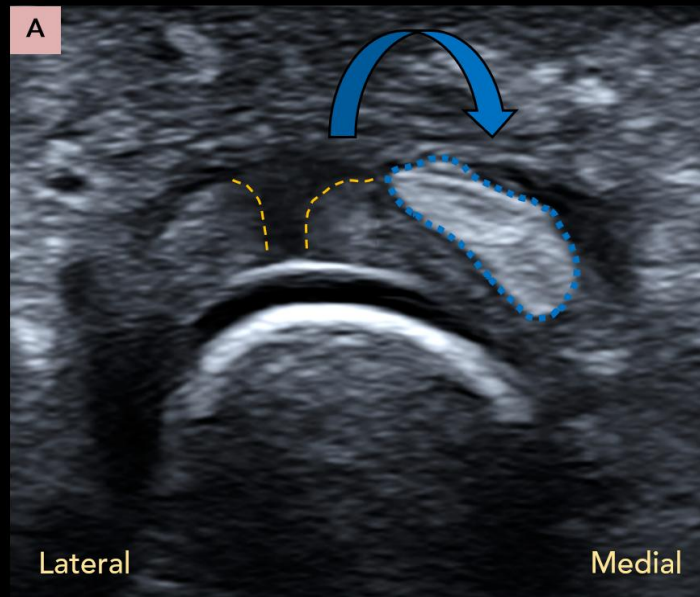
Rotura del LCL

El componente propio es el principal estabilizador en el plano horizontal



Signo del "cross over"

Lesión de la placa plantar



La **rotura lateral de la placa plantar** provoca **inestabilidad horizontal** de la articulación metatarsofalángica resultando en la desviación medial de la falange proximal y, consecuentemente, **subluxación medial del tendón flexor largo del dedo**

El **Doppler** ayuda a estimar la cronología de la lesión:

- Aumento de vascularización: cronología **aguda**
- Ausencia de vascularización: cronología **crónica**

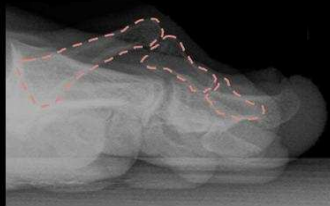
A: plano dorsal transversal (modo B)
B: plano plantar transversal (Doppler)

Rotura de la PP
Tendón flexor

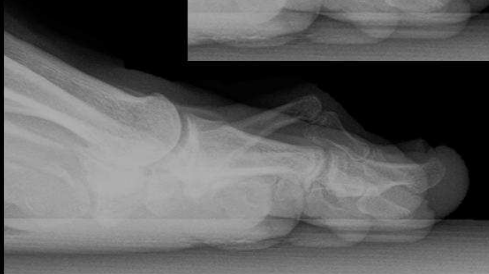
Lesión de la placa plantar



"Signo de la V"



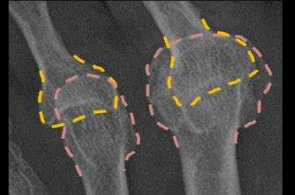
Dedo
"en martillo"



"Cross over sign"



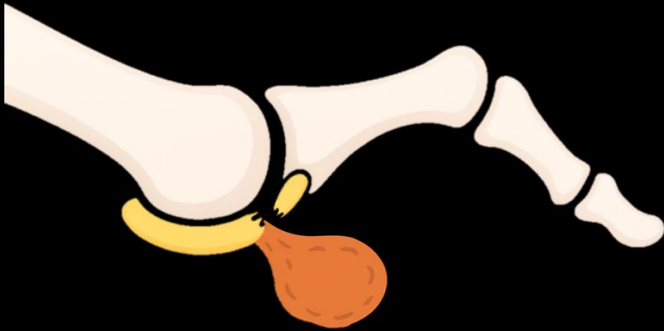
Superposición de la **base de la falange proximal** sobre la **cabeza del metatarsiano** indicativa de rotura completa de la PP con luxación dorsal completa de la articulación MTF



Hiperextensión de la articulación MTF
y flexión de la IFP

Lesión de la placa plantar

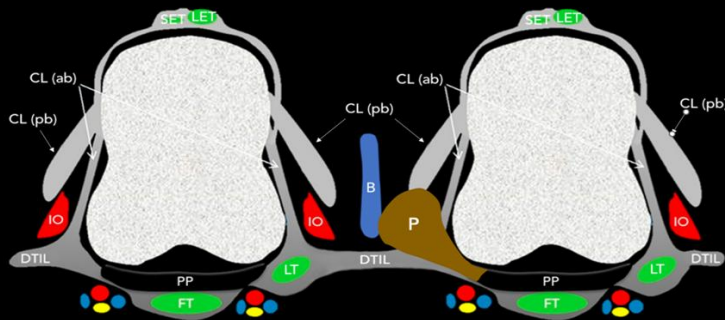
Pseudoneuroma o fibrosis pericapsular



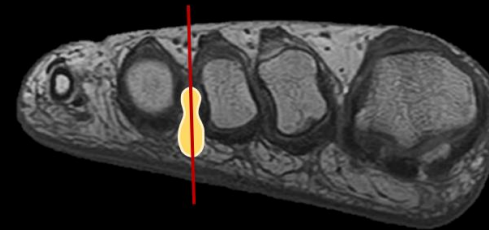
Tejido fibrocicatricial a lo largo del plano capsular lateral como respuesta reparativa a la rotura de la placa plantar

Localización: 2º espacio intermetatarsiano (+FREC)

Causa: rotura de la placa plantar



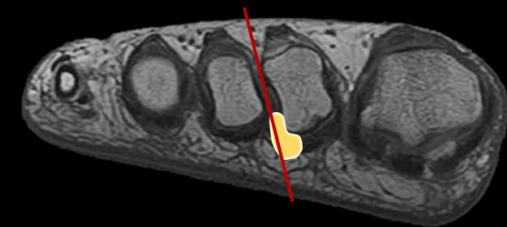
1. Plantar plate (PP)
2. DTIL (deep transverse intermetatarsal ligament)
3. Collateral ligament (accessory band) (CL (ab))
4. Collateral ligament (proper band) (CL (pb))
5. Interosseous muscle (IO)
6. Lumbrical tendon
7. Short extensor tendon (SET)
8. Long extensor tendon (LET)
9. Flexor tendon (FT)
10. Bursa (B)
11. P (pseudoneuroma)



Neuroma de Morton

Central

VS

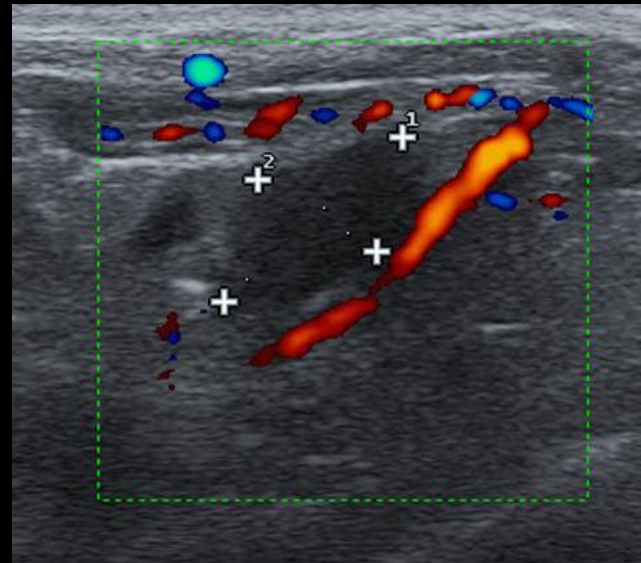
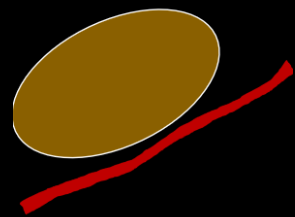
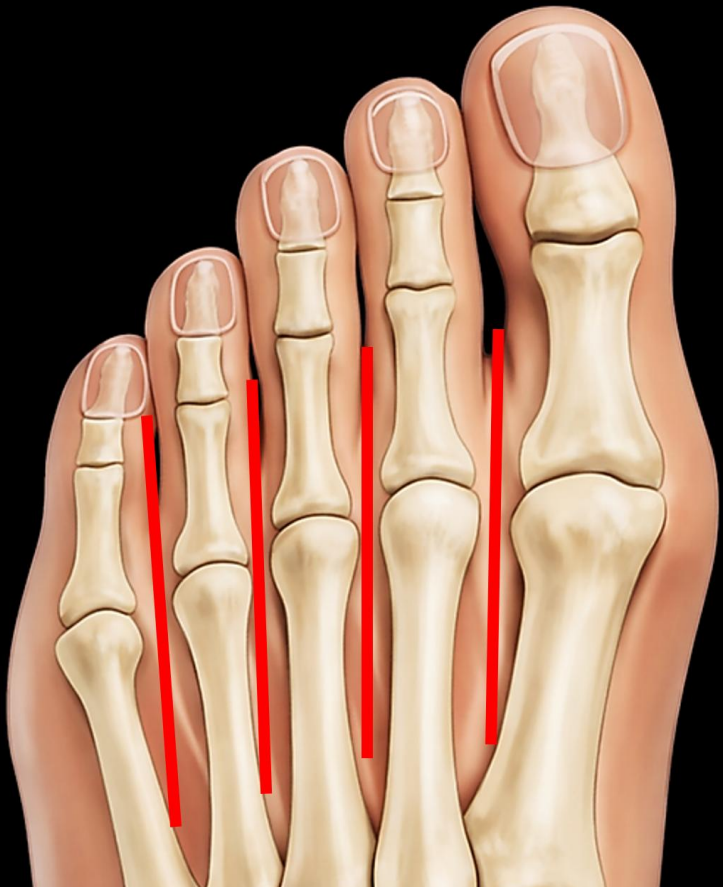


Pseudoneuroma

Excéntrico

Lesión de la placa plantar

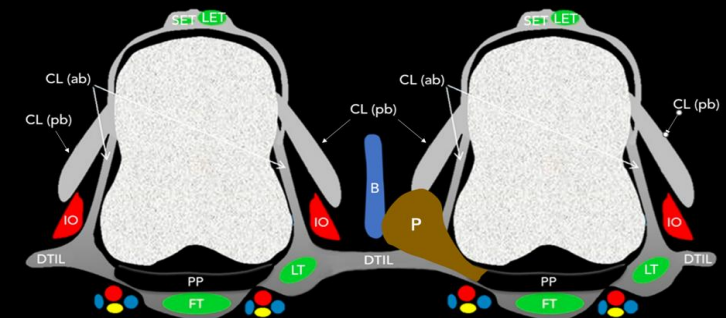
Pseudoneuroma o fibrosis pericapsular



Puede producir sintomatología similar a la del neuroma por compresión del nervio interdigital

Dorsal a la
arteria intermetatarsiana

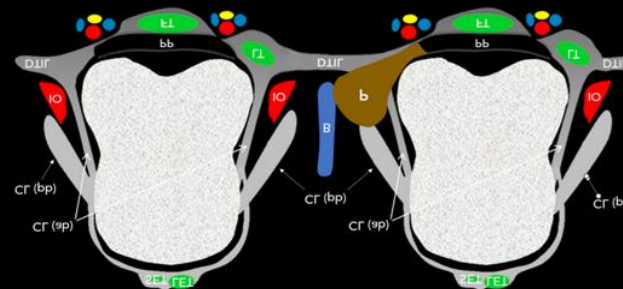
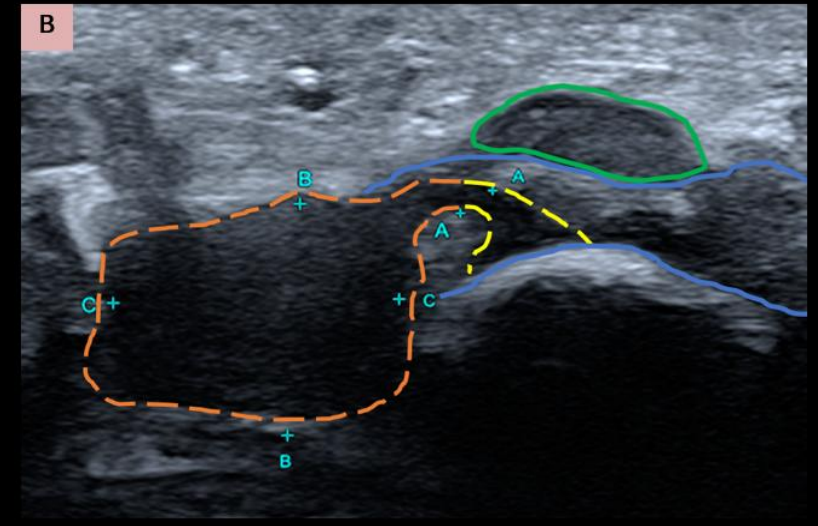
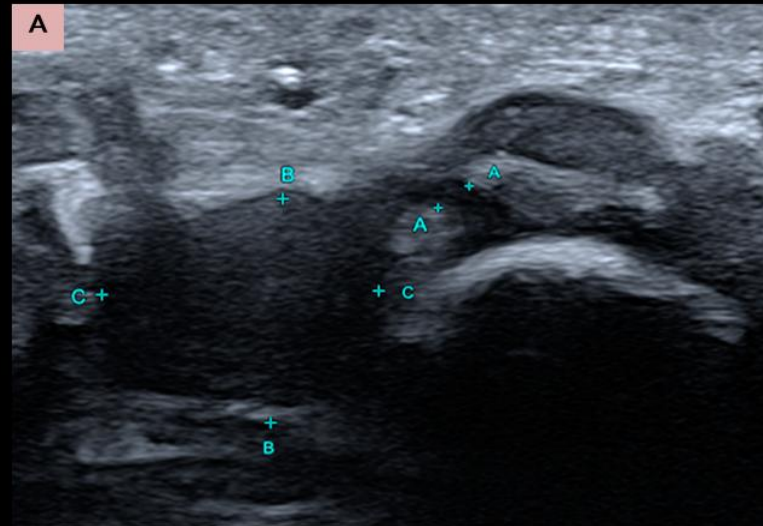
Distal al ligamento
intermetatarsiano profundo



1. Plantar plate (PP)
2. DTIL (deep transverse intermetatarsal ligament)
3. Collateral ligament (accessory band) (CL (ab))
4. Collateral ligament (proper band) (CL (pb))
5. Interosseous muscle (IO)
6. Lumbrical tendon
7. Short extensor tendon (SET)
8. Long extensor tendon (LET)
9. Flexor tendon (FT)
10. Bursa (B)
11. P (pseudoneuroma)

Lesión de la placa plantar

Pseudoneuroma o fibrosis pericapsular



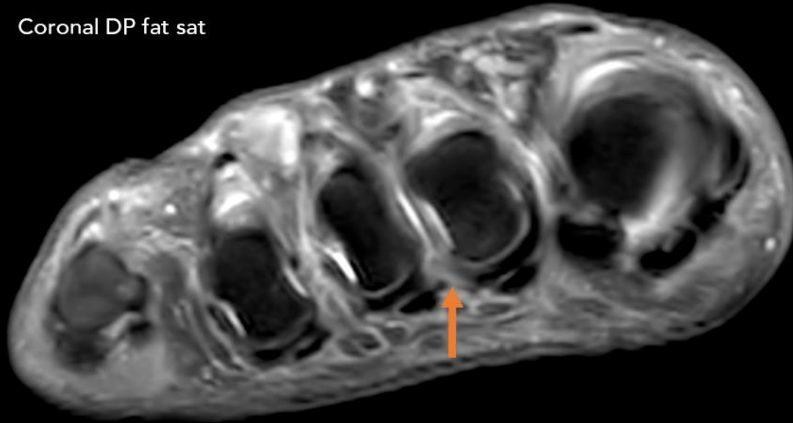
Rotura lateral de la placa plantar con pseudoneuroma en continuidad localizado en el espacio intermetatarsiano

Pseudoneuroma
Rotura de la placa
Placa plantar
Tendón flexor

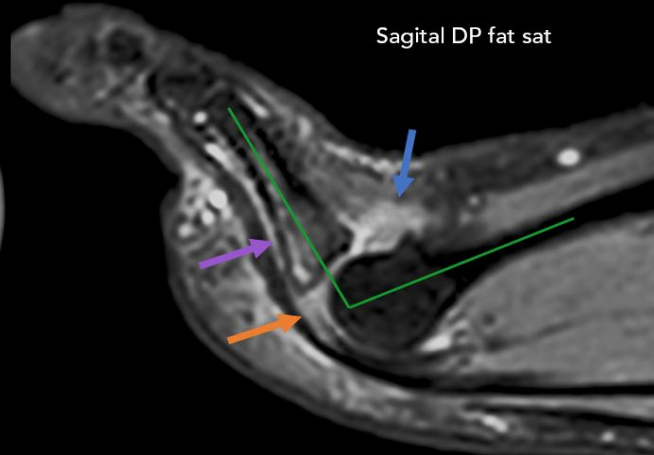
A, B: plano plantar transversal

Lesión de la placa plantar

Coronal DP fat sat



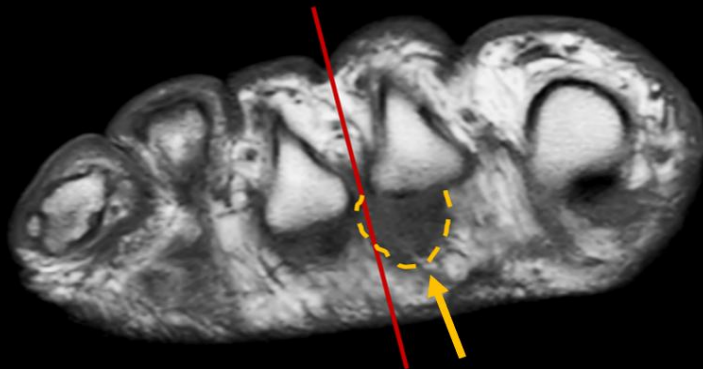
Sagital DP fat sat



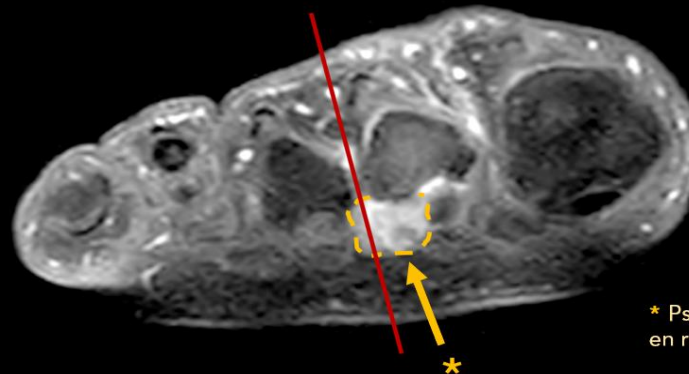
Rotura de la placa plantar

- Signo directo:
Discontinuidad en su inserción en falange proximal (flecha)
- Signos indirectos:
 - Hiperextensión (líneas) o subluxación de la MTF
 - Sinovitis (flecha) o derrame articular
 - Edema óseo en la base de la falange proximal (flecha)

Coronal T1



Coronal T1 fat sat postcontraste



Pseudoneuroma

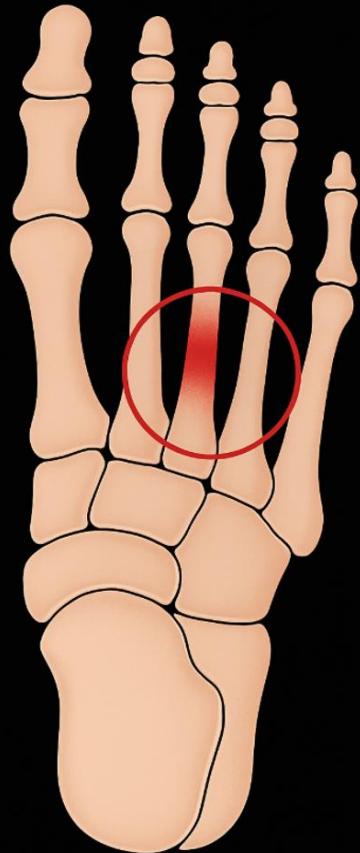
Lesión **excéntrica** en espacio intermetatarsiano (flecha)

La señal del pseudoneuroma se comporta igual que la del neuroma, incluido en el estudio postcontraste

* Pseudoneuroma con intensa captación de contraste en relación con **rotura de cronología aguda**

Lesiones por estrés

Reacción de estrés (edema perióstico → edema en M.O) → Fractura por estrés

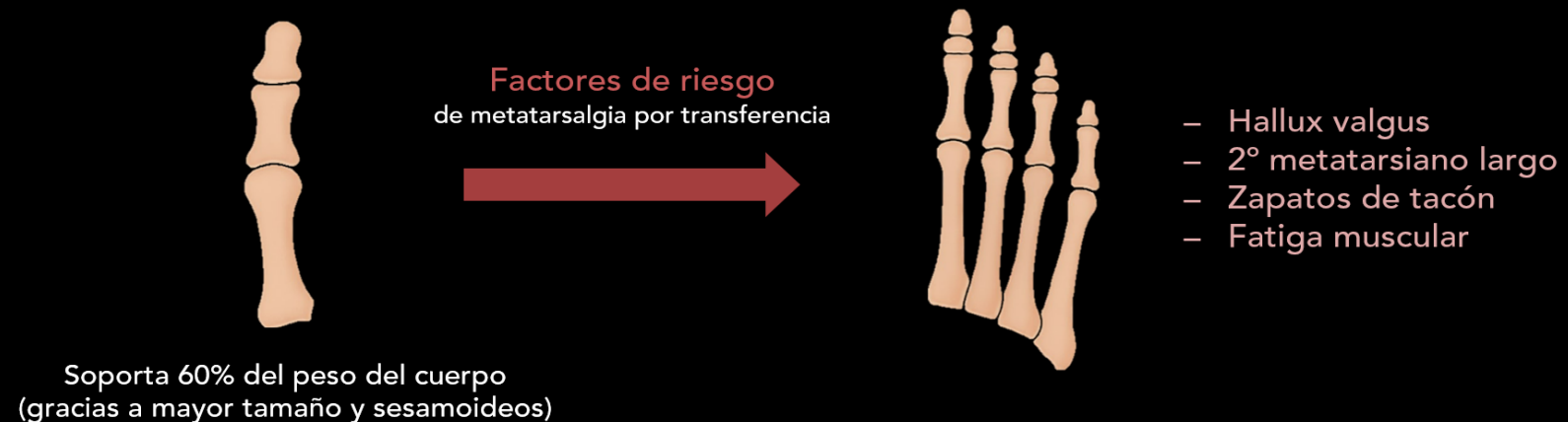


Localización:

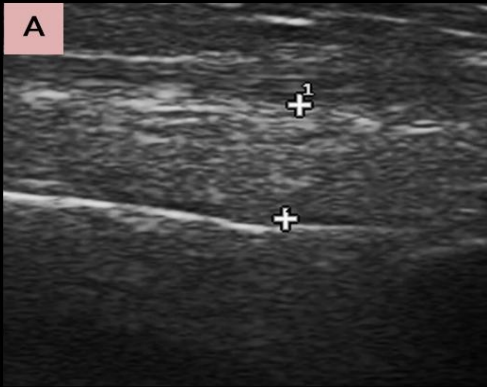
- 2º o 3º metatarsianos (diáfisis o región subcondral)
- Sesamoideos del 1º dedo

Epidemiología: atletas de élite (corredores, bailarines, gimnastas) y militares

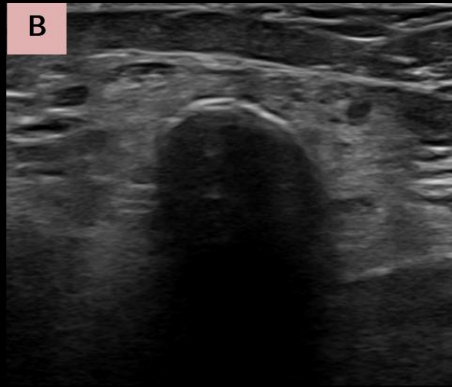
Causa: cargas repetidas sobre hueso sano



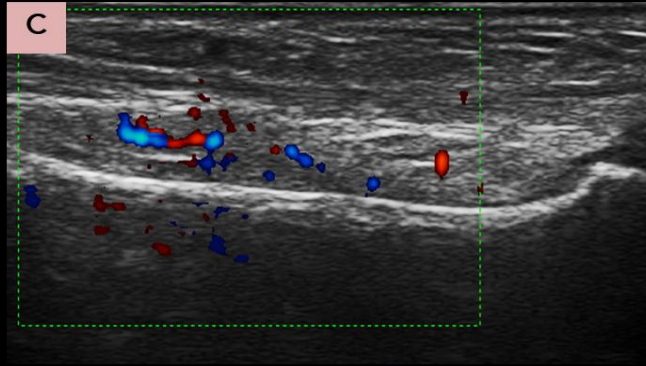
Metatarsianos – Reacción de estrés



Plano longitudinal dorsal

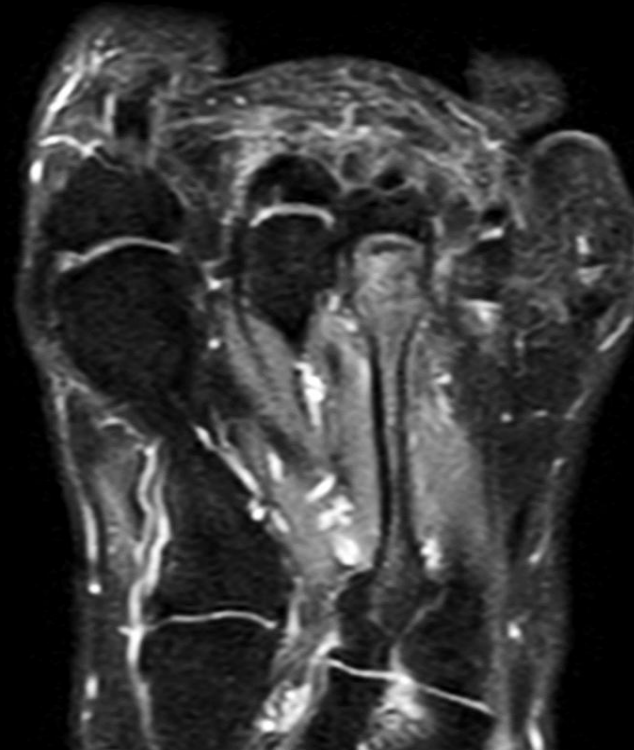


Plano transversal dorsal



Plano longitudinal dorsal

ECO: aumento de ecogenicidad (A, B) y vascularización (C) de la grasa perimetatarsiana



Axial DP fat sat

RM: edema óseo difuso en 2º metatarsiano sin línea de fractura que confirma los hallazgos ecográficos

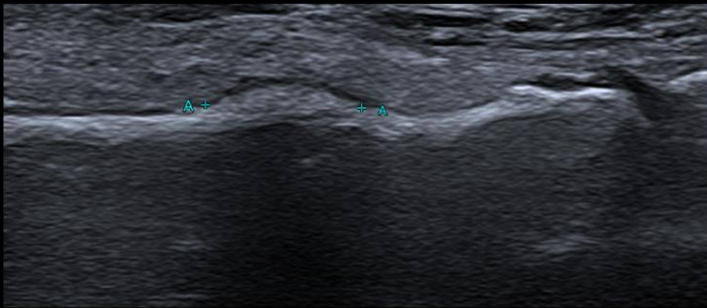


RX: normal

Metatarsianos – Fractura de estrés

Diáfisis

Plano longitudinal dorsal



ECO: abombamiento cortical focal en relación con calo de fractura



RX: reacción perióstica en la diáfisis del 4º metatarsiano que confirma los hallazgos ecográficos



RX (2 semanas antes): normal

Realizada al comienzo del dolor

Región subcondral

Precursor de enfermedad de Freiberg



En RX la sensibilidad para la detección de fracturas de estrés en el momento agudo es menor del 30%

Metatarsianos – Enfermedad de Freiberg



Localización: cabeza de 2º o 3º metatarsianos

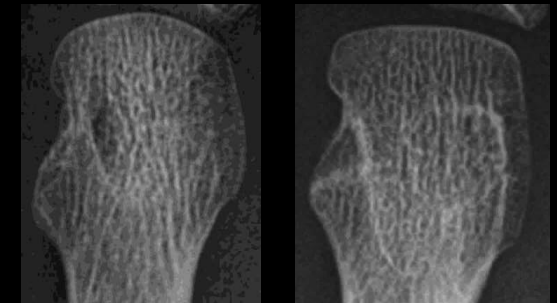
Pitfall:

10% de la población: cabeza del 2º metatarsiano aplanada como **variante anatómica**

Epidemiología: mujeres > hombres

Causa: controvertida

Trauma agudo o microtrauma → Sobrecarga hueso subcondral → Fractura subcondral → Compromiso vascular (**osteonecrosis**) de la cabeza del MT



Normal

Variante

PARA DIFERENCIARLO DEL GRADO 1 DE ENFERMEDAD DE FREIBERG
En la variante anatómica las trabéculas alcanzan la línea cortical distal sin interrupción

Metatarsianos – Enfermedad de Freiberg

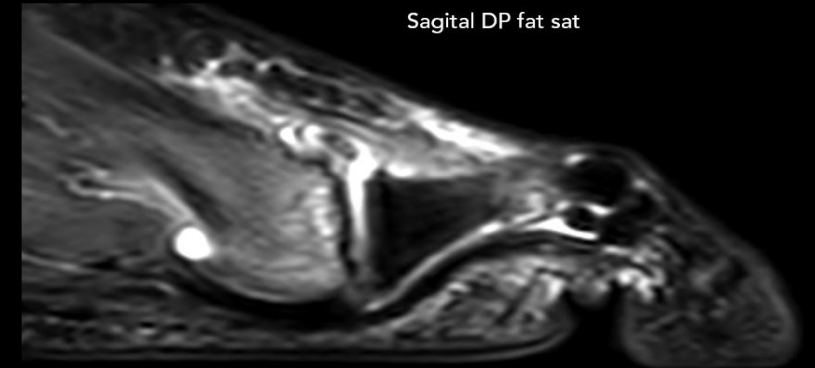
Clasificación de Smillie

- **Grado 1:** fractura subcondral
- **Grado 2:** colapso dorsal de la cabeza del MT
- **Grado 3:** progresión del colapso dorsal
- **Grado 4:** colapso de toda la cabeza del MT
- **Grado 5:** grado 4 + cambios degenerativos



RX

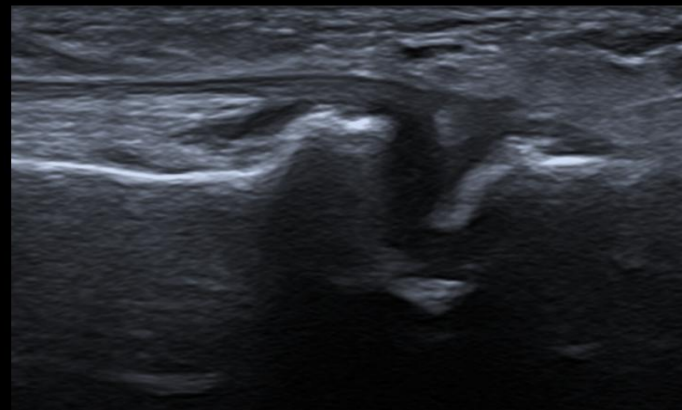
* Variante (cabeza plana)



Sagital DP fat sat

Freiberg grado 5

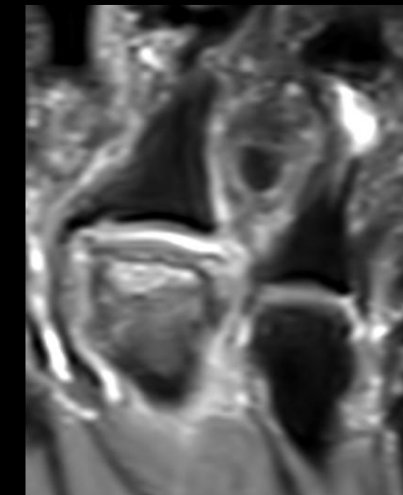
Aplanamiento de la cabeza del 3^{er} metatarsiano y cambios degenerativos en articulación metatarsofalángica



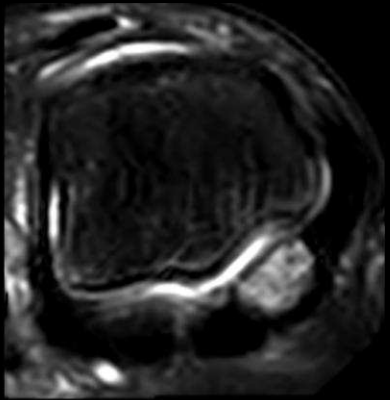
ECO

Plano longitudinal dorsal

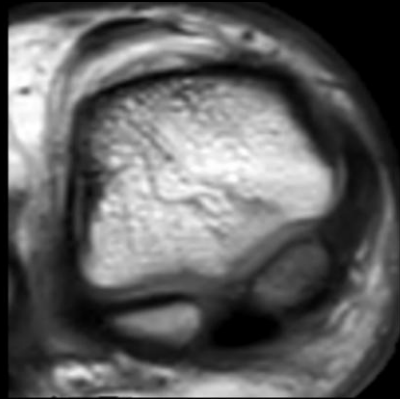
Axial DP fat sat



Sesamoides – Reacción de estrés (sesamoiditis) + Fractura de estrés



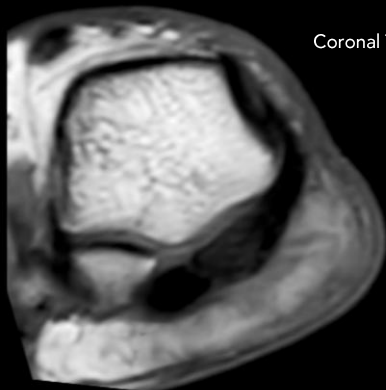
Coronal DP fat sat



Coronal T1

Sesamoiditis (sesamoideo medial)

Edema óseo en sesamoideo medial en relación con reacción de estrés



Coronal T1

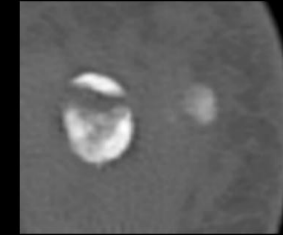
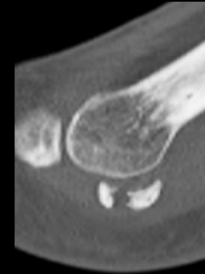
Osteonecrosis (sesamoideo medial)

Mayor hipointensidad T1

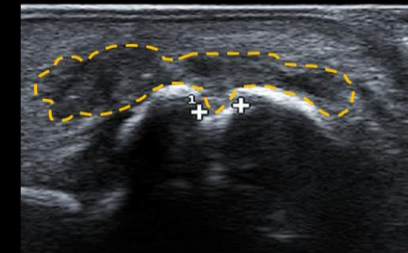
Otros hallazgos que ayudan al diagnóstico: fragmentación y colapso

Enfermedad de Renander: osteonecrosis sesamoideo medial
Enfermedad de Treves: osteonecrosis sesamoideo lateral

Fractura de estrés



TC: fractura del sesamoideo medial



Plano longitudinal plantar

ECO: fractura con hematoma de partes blandas



RX actual
(fractura)

RX hace 7 años
(normal)



A

TC



B

Coronal T1

Osteonecrosis con fractura

*Pacientes diferentes

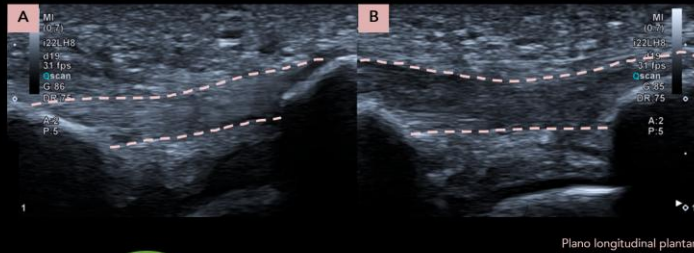
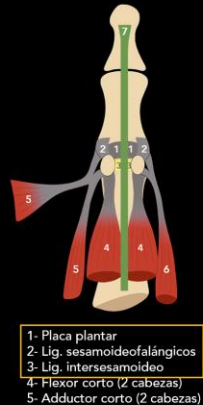
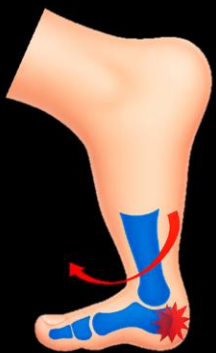
Trauma primer dedo

Turf toe (dedo "de césped")

Sand toe (dedo "de arena")

Esguince del complejo ligamentario-placa plantar de la articulación MTF del hallux

Causa: hiperextensión forzada



Ecografía:

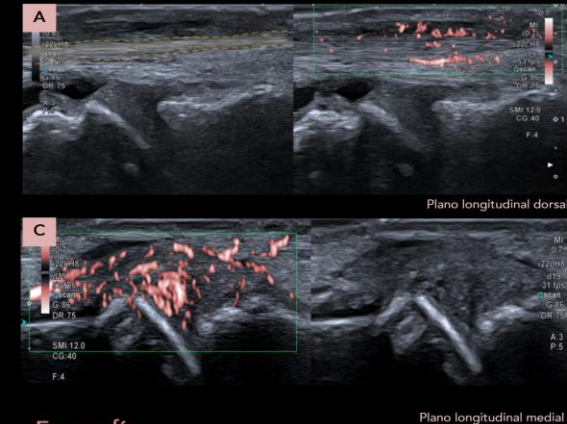
- Ligamento sesamoideo-falángico normal
- Engrosamiento e hipoecogenicidad del ligamento sesamoideo-falángico medial (esguince grado 1)



Esguince de la cápsula dorsal de la articulación MTF del hallux y peritendinitis del extensor largo

Suele asociar esguince del LCM

Causa: hiperflexión forzada



Ecografía

- Peritendinitis del tendón extensor largo del hallux
- Inflamación de la región dorsal de la articulación MTF del hallux del pie derecho con pérdida del contorno del tendón extensor



- Esguince grado 2 del ligamento colateral medial
- Distensión de la cápsula dorsal de la articulación MTF con derrame articular y sinovitis

Bursitis



Intermetatarsianas

Causa: trauma, artropatías inflamatorias (AR, LES, gota)

Localización:

Por encima de la arteria intermetatarsiana y ligamento intermetatarsiano profundo (y puede comenzar proximal a éste último)

Los **neuromas / pseudoneuromas** y las **bursitis intermetatarsianas** a menudo coexisten

La compresión nos permite diferenciarlas ya que la bursitis se comprime mientras que el neuroma/pseudoneuroma no

La bursa y el pseudoneuroma se localizan dorsal a la arteria intermetatarsiana mientras que el neuroma se localiza plantar



Suele acompañar a neuromas o pseudoneuromas dando la apariencia de una lesión de mayor tamaño

Tamaño:

>3 mm (transversal) y >15 mm (craneocaudal)

Bursas de menor tamaño se consideran fisiológicas

>15 mm



B

>3 mm

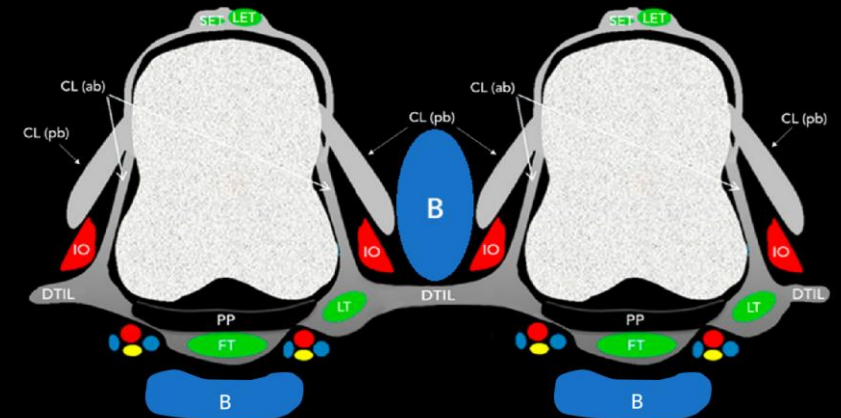


Submetatarsianas

Causa: fricción repetida (bursitis adventicial)

Localización:

Bajo la 1ª y 5ª articulaciones MTF (+FREC)



Bursitis

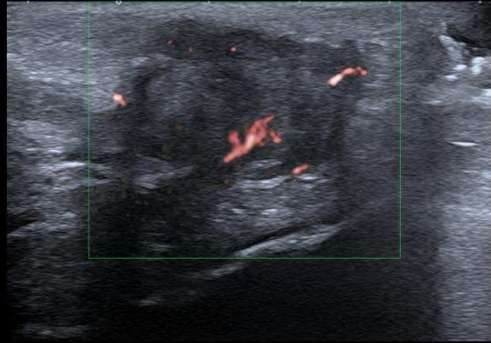
Intermetatarsiana

*Paciente con LES

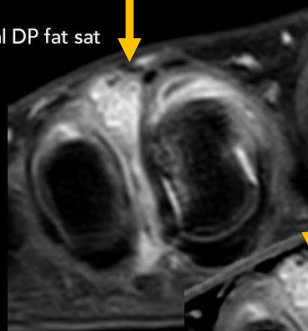
ECO



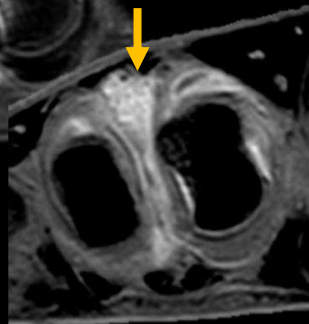
Plano longitudinal dorsal



Coronal DP fat sat



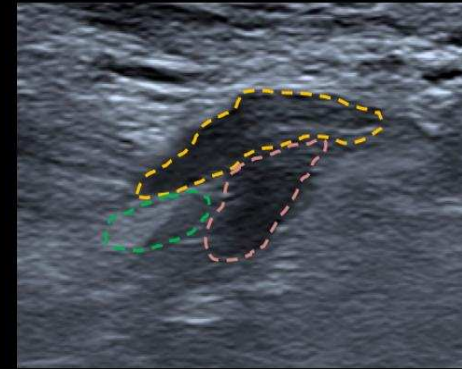
Coronal T1 fat sat postcontraste



Axial DP fat sat



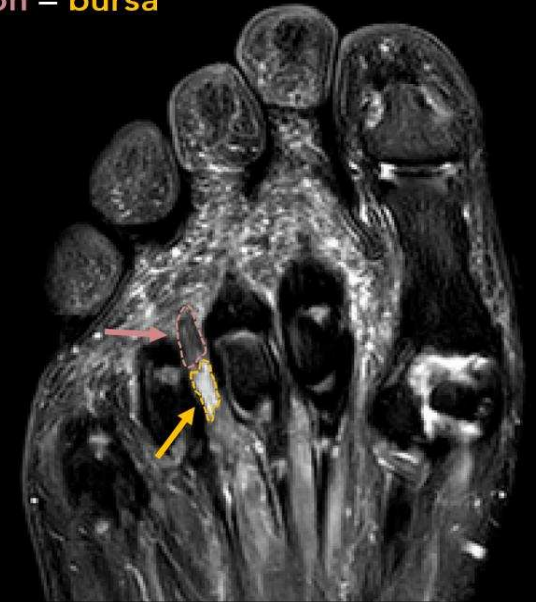
Complejo neuroma de Morton – bursa



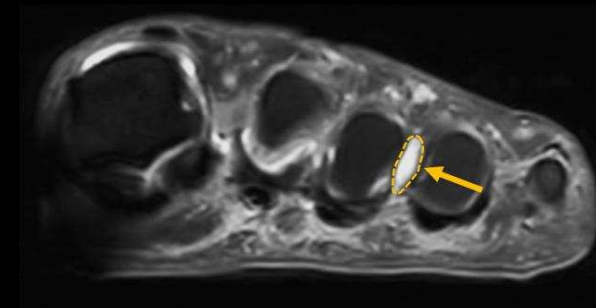
Bursa

Neuroma interdigital

Ligamento intermetatarsiano



Axial DP fat sat

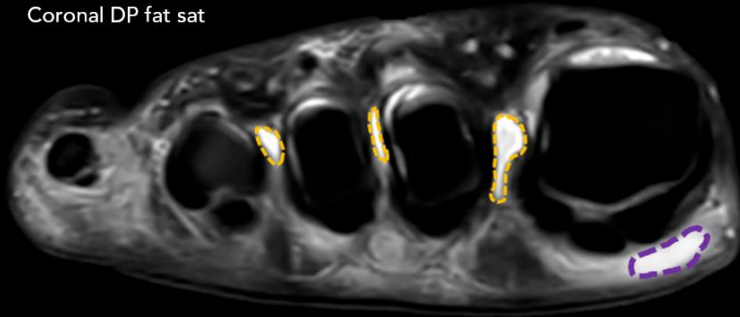


Bursa fisiológica

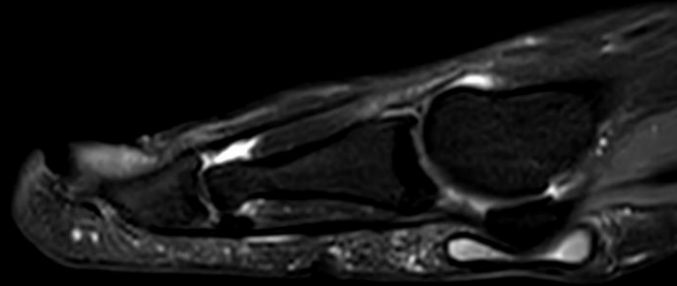
Bursitis

Submetatarsiana

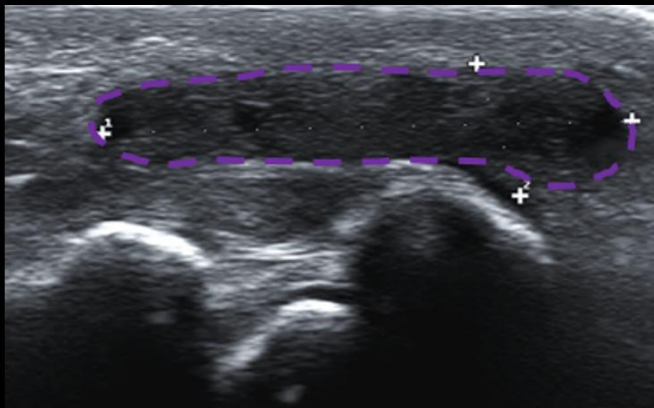
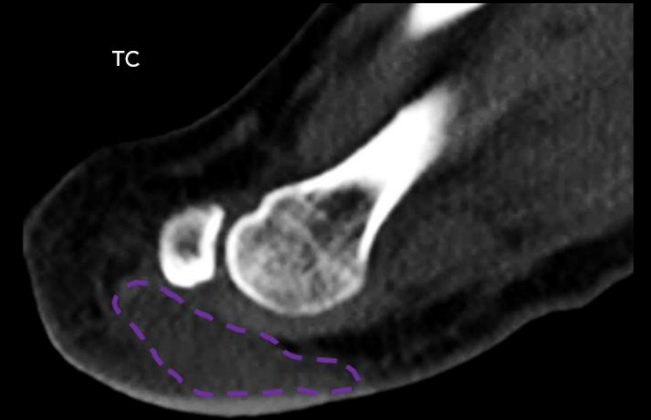
Coronal DP fat sat



Sagital DP fat sat



TC

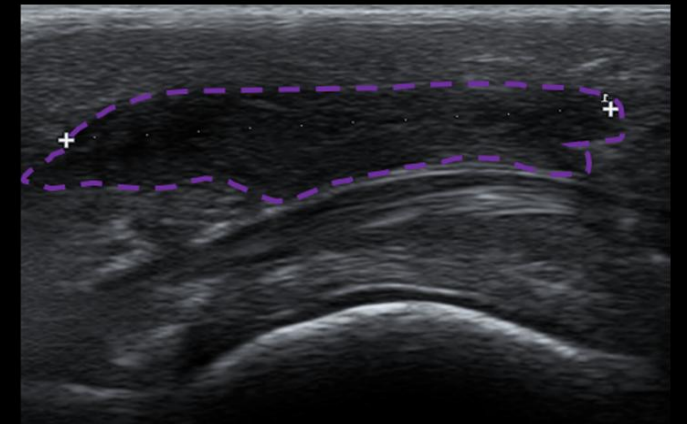


ECO

Plano transversal plantar



Bursa intermetatarsiana (fisiológica)
Bursitis submetatarsiana

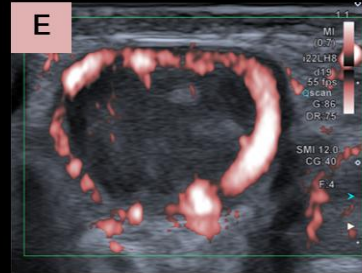
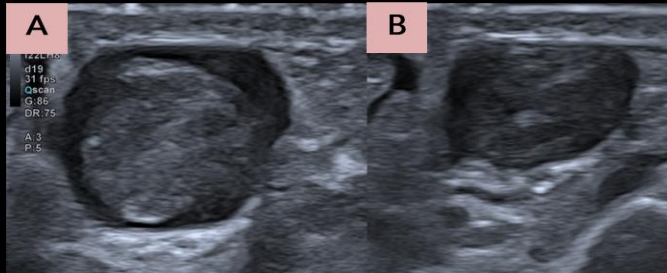


ECO

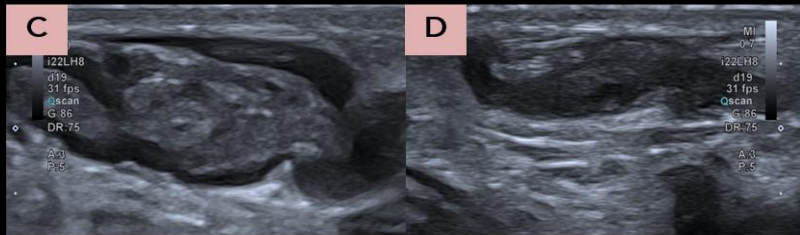
Plano longitudinal plantar

Trombosis venosa

Vena intermetatarsiana dorsal

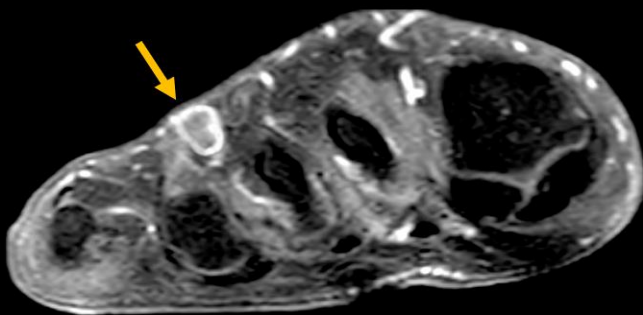


ECO (modo B)

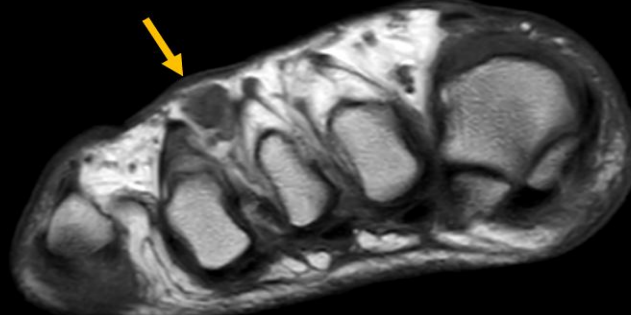


A, B: modo B transversal (B: con compresión)
C, D: modo B sagital (D: con compresión)
E: modo Doppler transversal

ECO (modo Doppler)

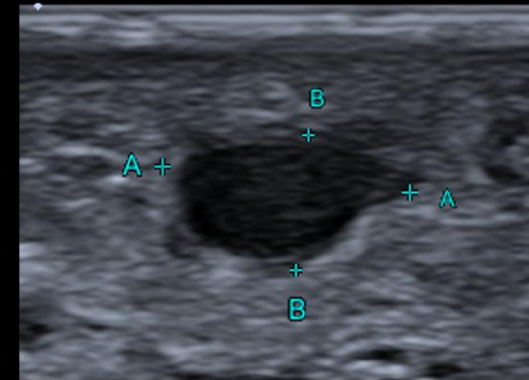


Coronal T1 fat sat postcontraste



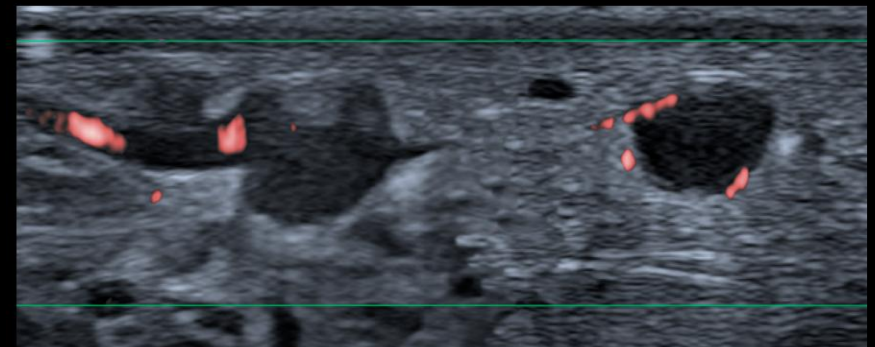
Coronal T1

Plexo venoso plantar de Lejars



Plano transversal plantar

+FREC: venas laterales



Plano transversal plantar

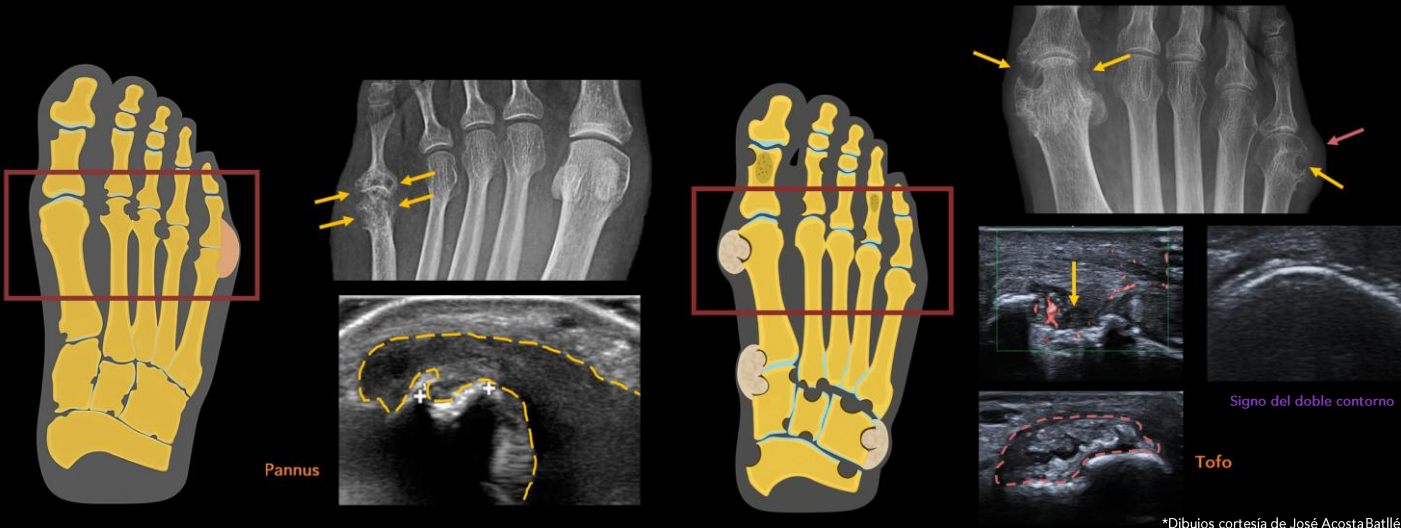
El plexo venoso de Lejars es una red venosa subdérmica ubicada en la planta del pie que drena la sangre de la piel y de la musculatura plantar

Artropatías



	Hallux valgus	Hallux varus	Hallux rigidus
Descripción	Desviación medial 1 ^{er} MT + Desviación lateral hallux + Subluxación lateral sesamoideos Cambios degenerativos en articulación MTF y MTS	Desviación medial del hallux en articulación MTF	Artropatía degenerativa de la 1 ^a articulación MTF
Epidemiología	Deformidad +FREC del antepie M > H (2-4% población)	Deformidad rara (sobre todo los casos congénitos)	M > H (2,5% personas >50 años)
Causa	Controvertida FR: genética, zapato estrecho, AR...	- Iatrogénica (cirugía fallida de hallux valgus) → +FREC - Congénita - Postraumática - Inflamatoria	- Idiopática - Postraumática

Las 3 pueden producir metatarsalgia por transferencia (el hallux valgus hasta en el 50% de los pacientes)



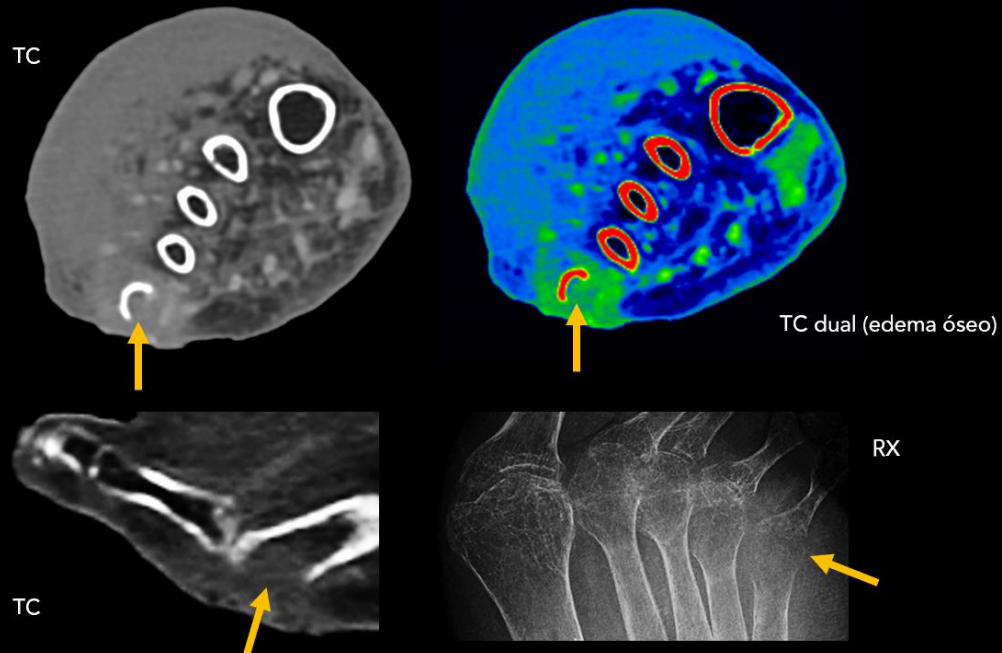
*Dibujos cortesía de José AcostaBatllé

	AR	Gota
Descripción	Enfermedad inflamatoria sistémica crónica de origen desconocido	Artropatía por depósito de urato monosódico
Epidemiología	M > H	H > M
Hallazgos	- Osteopenia periarticular - Disminución del espacio articular (+/- anquilosis) - Erosiones óseas marginales (flechas) - Edema de partes blandas La destrucción articular se produce por el desarrollo de sinovitis (pannus), que se identifican en ecografía como masas hipoeogénicas (líneas discontinuas) con marcado aumento de la vascularización	- Erosiones marginales "en sacabocados" (flechas) - Tofos (flecha y línea discontinua) Los tofos se identifican en la ecografía como masas heterogéneas con pequeños focos puntiformes hipereogénicos (línea discontinua). También puede encontrarse el "signo del doble contorno", que corresponde a depósitos de cristales de urato monosódico en la superficie del cartílago articular

* MTF = metatarsofalángica, MTS = metatarsosesamoidea

Osteomielitis

5º metatarsiano



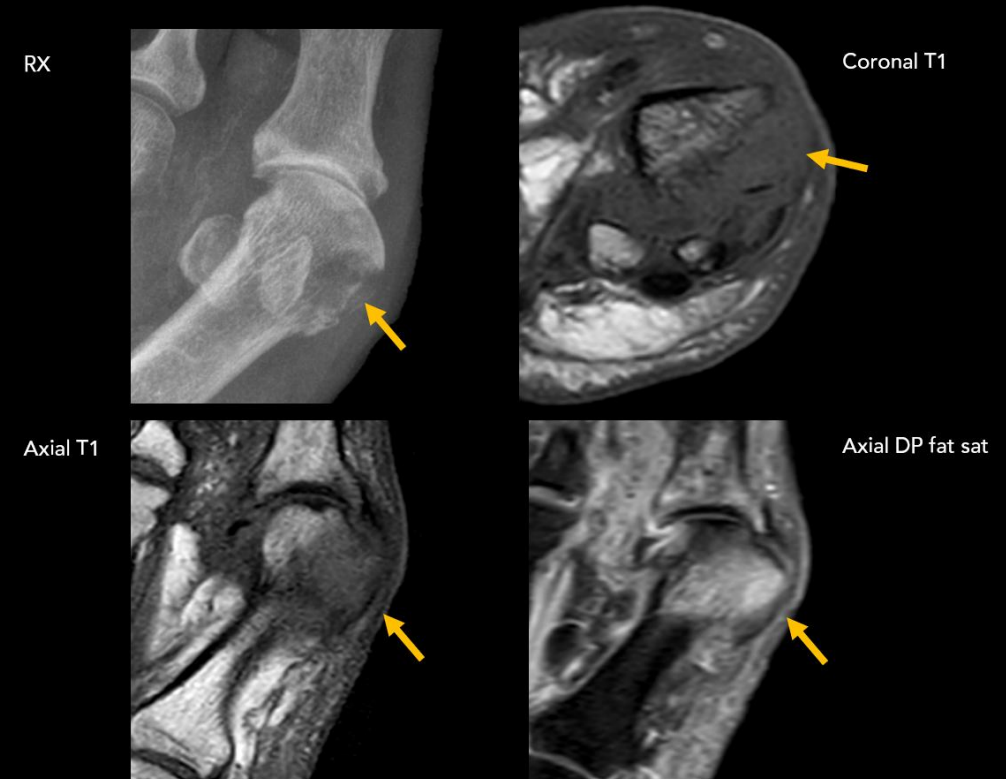
Localización: zonas de presión (cabeza 1º ó 5º MT / falange distal 1º dedo)

Factor de riesgo: DM

Hallazgos:

- RX / TC: osteopenia + pérdida de la definición cortical (erosion ósea*)
- RM: **GOLD STANDARD. Hipointensidad T1** + hiperintensidad en secuencias sensibles a líquido

1º metatarsiano



*En RX se necesita una pérdida del 30% de las trabéculas óseas para su detección

Conclusiones

La complejidad anatómica del antepié hace que el estudio radiológico sea imprescindible para distinguir causas de metatarsalgia con síntomas similares



RX

Útil en la evaluación inicial y para identificar variantes anatómicas que pueden predisponer a patología



Ecografía

Prueba de imagen de 2ª línea. Permite valorar partes blandas y superficies óseas. Es la única que permite una valoración dinámica y correlación clínica pero es operador dependiente



RM

Buena caracterización de la M.O. y partes blandas, lo que permite la detección precoz de algunas patologías

TC

Más sensible que RX para detectar fracturas y erosiones óseas. La TC dual puede detectar edema óseo (osteomielitis) así como depósitos de cristales (gota)

Referencias

1. Ashman CJ, Klecker RJ, Yu JS. Forefoot pain involving the metatarsal region: differential diagnosis with MR imaging. Radiographics. 2001 Nov-Dec;21(6):1425-40. doi: 10.1148/radiographics.21.6.g01nv071425
2. Viyasar T, Manning C, Cooke R, Zubairy AI, Khan SH. Imaging in metatarsalgia. Br J Hosp Med (Lond). 2021 Sep 2;82(9):1-7. doi: 10.12968/hmed.2021.0353
3. Gregg JM, Schneider T, Marks P. MR imaging and ultrasound of metatarsalgia-the lesser metatarsals. Radiol Clin North Am. 2008 Nov;46(6):1061-78, vi-vii. doi: 10.1016/j.rcl.2008.09.004
4. Escobar-Leal F, Muñoz-Chiamil S, Astudillo-Abarca C, Miranda-Viorklumds E, Giannini-Jara E. Inestabilidad metatarsofalángica de los dedos menores del pie. Rev. chil. radiol. doi: 10.24875/rchrad.m2100000
5. Son HM, Chai JW, Kim YH, Kim DH, Kim HJ, Seo J, Lee SM. A problem-based approach in musculoskeletal ultrasonography: central metatarsalgia. Ultrasonography. 2022 Apr;41(2):225-242. doi: 10.14366/usg.21193
6. Hodes A, Umans H. Metatarsalgia. Radiol Clin North Am. 2018 Nov;56(6):877-892. doi: 10.1016/j.rcl.2018.06.004
7. Afonso PD, Britto SV, Spritzer CE, Martins E Souza P. Differential Diagnosis of Metatarsalgia. Semin Musculoskelet Radiol. 2023 Jun;27(3):337-350. doi: 10.1055/s-0043-1764388
8. Ormond Filho AG, Pastore D, Narahashi E, Nico MA. Unraveling the plantar plate in MRI: normal and pathologic findings. Rev ABTPé. 2016;10(2):39-44
9. Ganguly A, Warner J, Aniq H. Central Metatarsalgia and Walking on Pebbles: Beyond Morton Neuroma. AJR Am J Roentgenol. 2018 Apr;210(4):821-833. doi: 10.2214/AJR.17.18460
10. Palka O, Guillin R, Lecigne R, Combes D. Radiological approach to metatarsalgia in current practice: an educational review. Insights Imaging. 2025 Apr 29;16(1):94. doi: 10.1186/s13244-025-01945-3