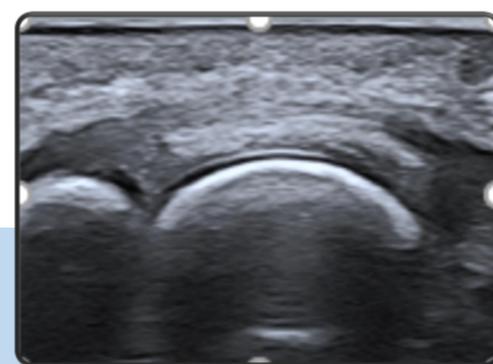
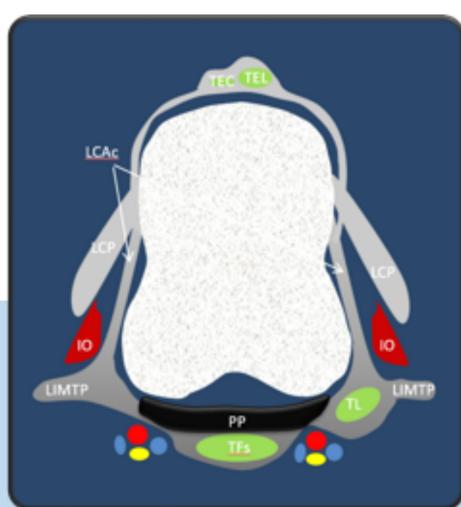


La ecografía en el estudio de la metatarsalgia central: mucho más que la neuralgia de Morton



Elena Gallardo Agromayor, Angélica Lamagrande Obregón, Pablo Sanz Bellón, Pablo Menéndez Fernández-Miranda, Amaia Pérez del Barrio, Rosa María Landeras Álvaro

HOSPITAL UNIVERSITARIO MARQUÉS DE VALDECILLA. SANTANDER



Concepto

Utilidad de la ecografía en la meatarsalgia

Sistemática de exploración:

- Abordaje dorsal
- Abordaje plantar
- Maniobras dinámicas

Patologías que puedo diagnosticar con ecografía

- Fractura de estrés
- Enfermedad de Frieberg
- Artropatías
- Neuralgia de Morton
- Patología de la placa plantar
- Patología de la almohadilla grasa plantar
- Tumores de partes blandas

Claves para llevar a casa

Bibliografía recomendada

CONCEPTO

LA METATARSALGIA ES UN SÍNTOMA

Dolor por debajo de la cabeza de los metatarsianos, en los espacios intermetatarsianos o en los tejidos blandos submetatarsales.

Afecta fundamentalmente a mujeres .Causa mas frecuente de consulta en unidades de cirugía ortopédica de tobillo y pie

Etiología múltiple, básicamente : a) primarias- por alteraciones anatómicas de los MTT y de estos con el resto de estructuras del pie-, b) secundarias – por sobrecarga indirecta del antepie-, c) yatrogénicas- resultado de una intervención quirúrgica previa-

Debe considerarse como una entidad compleja y a veces aislada de la patología del primer radio y las causas deben ampliarse a generales (sobrepeso, artritis, horas de pie...) y locales (tabla 1).

Todas estas consideraciones son imprescindibles para un correcto abordaje y tratamiento de la entidad.

TABLA 1 Factores asociados a pacientes con metatarsalgia

	PIERNA	TOBILLO/RETROPIE	PIE
ESTÁTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Genu varum • Genu valgum 	<ul style="list-style-type: none"> • Tobillo equino 	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración formula metatarsal • Antepie equino • Metatarsus adductus • Patología articular
DINÁMICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Acortamiento gastrocnemios 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitación dorsiflexión • Pie plano • Pie cavo • Disbalance muscular 	<ul style="list-style-type: none"> • Alteraciones del primer radio • Inestabilidad de MTTF

Foot Ankle Clin N Am 24 (2019) 561–569

La aproximación diagnóstica se realiza mediante exploración física y técnicas de imagen.

EF: localización del dolor, análisis de la marcha, deformidades de pie y tobillo, hiperqueratosis...

Técnicas de imagen:

Radiografías estandarizadas en carga de tobillo y pie.

TC en carga de gran utilidad para la valoración tridimensional de los metatarsianos

Ecografía y RM: artropatías, neuromas de Morton, alteración de placa plantar, tendinopatías, bursitis, alteraciones de la grasa plantar...

Tratamiento primario habitualmente conservador, y especialmente dirigido a la etiología específica.



UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA

A lo largo de este trabajo mostraremos la sistemática de la exploración ecográfica y los hallazgos ecográficos fundamentales de aquellas entidades diagnosticables mediante esta técnica.

La sistemática del estudio se debe mantenerse en todos los pacientes debido a la inespecificidad de la clínica, realizando la evaluación de proximal a distal y de estructuras profundas a superficiales.

Enfatizaremos la importancia de la exploración dinámica y proporcionaremos ciertos trucos que facilitan su realización e interpretación.

Table 4 Ankle/foot: Detailed results for evidence levels and final consensus, a comparison between 2012 and 2017

Clinical indication	Evidence level 2012	Final consensus 2012	Evidence level 2017	Final consensus 2017
Tendons and soft tissues				
Tendinopathy	D	3	C	Unchanged
Tears	A	3	Unchanged	Unchanged
Sheath effusions	A	3	Unchanged	Unchanged
Peroneal dislocation	A	3	Unchanged	Unchanged
Calcific tendinitis	A	3	Unchanged	Unchanged
Retrocalcaneal bursitis	A	3	Unchanged	Unchanged
Haglund disease	A-B	2	Unchanged	Unchanged
Postoperative tendon tear	B	3	Unchanged	Unchanged
Anterior talo-fibular ligament	A	3	Unchanged	Unchanged
Posterior talo-fibular ligament	D	0	Unchanged	Unchanged
Calcaneo-fibular ligament	A	3	Unchanged	Unchanged
Deltoid ligament	A-B	1	Unchanged	2
Spring ligament	D	1	Unchanged	2
Joint effusions				
Intra-articular disease	D	0	Unchanged	Unchanged
Cartilage lesions	D	0	Unchanged	1
Synovitis				
Plantar fasciitis	A	3	Unchanged	Unchanged
Retinacula	D	3	Unchanged	Unchanged
Ganglion cysts				
Bones				
Distal tibia	B-C	0	Unchanged	Unchanged
Loose bodies	D	1	Unchanged	2
Talus	D	0	Unchanged	Unchanged
Bony avulsion	B	1	Unchanged	2
Coalitions	D	0	Unchanged	Unchanged
Nerves				
Entrapment	A	3	Unchanged	Unchanged
Morton neuroma	A	2	Unchanged	3
Plantar plate	No	No	A	2
Ankle joint instability	No	No	A	2

Clinical indications for musculoskeletal ultrasound updated in 2017 by European Society of Musculoskeletal Radiology (ESSR) consensus

Luca Maria Spagnola^{1,2}, Domenico Albano², Georgina Allen⁴, Alberto Bazzocchi⁵, Bianca Bignotti⁶, Vito Chianca⁷, Fernando Facal de Castro⁸, Elena E. Drakonaki⁹, Elena Gallardo¹⁰, Jan Gliden¹¹, Andrea Sabine Klausner¹², Carlo Martinoli¹³, Giovanni Mauri¹⁴, Eugene McNally¹⁵, Carmelo Messina^{1,2}, Rebeca Mirón Mombiola¹⁶, Davide Orlandi¹⁷, Athena Plogou¹⁸, Magdalena Posadzky¹⁹, Rosa de la Puente²⁰, Monique Rejniers²¹, Federica Rossi²², Saulius Rutkauskas²³, Ziga Snoj²⁴, Jelena Vucetic^{4,10}, David Wilson⁴, Alberto Stefano Tagliafico^{4,19}

En la última revisión de la Sociedad Europea de radiología musculoesquelética del 2017, en dos de las principales causas de metatarsalgia, la lesión de placa plantar (indicación nueva) y el neuroma de Morton, la ecografía muestra la misma o superior capacidad diagnóstica que la RM.

ENTIDADES QUE DEBEREMOS DIAGNOSTICAR ECOGRÁFICAMENTE:

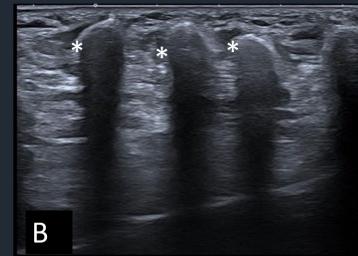
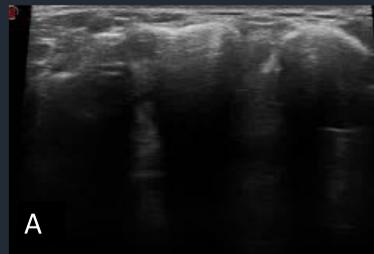
- Fracturas de estrés
- Artropatías/tendinopatías
- Neuroma de Morton/ Bursitis IM
- Patología de la placa plantar
- Patología almohadilla grasa plantar



SISTEMÁTICA DE EXPLORACIÓN: ABORDAJE DORSAL

1º METATARSIANOS (MTT):

- margen cortical
- grasa adyacente
- musculatura intrínseca
- estática del antepie
- Ambos planos: articulación de Lisfranc ⇒ MTF



Estudio proximal atendiendo, extensores, musculatura intrínseca corticales óseas y espacio articular . B músculos interóseos dorsales (*)

2º ARTICULACIONES METATARSOFALÁNGICAS (MTTF) dorsal

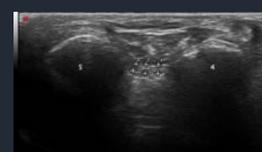
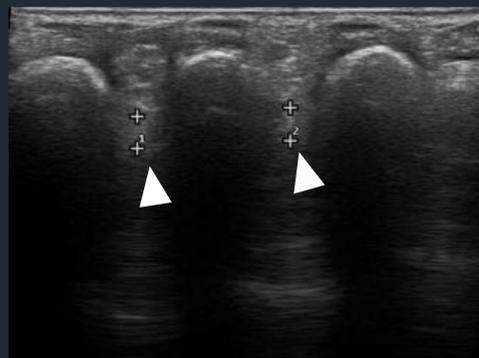
- Superficie ósea
- Cartílago
- Líquido articular
- Aparato extensor
- **Articulaciones interfalángicas**



Ambos planos
↑ frecuencia (15-18 MHz)
Maniobras de flexión plantar ⇒ favorecer la visualización cartílago articular (a y b flexión)

3º ESPACIOS INTERMETATARSIANOS (EIM)

- grasa
- inserción musculatura intrínseca
- ligamento intermetatarsiano transverso profundo (LIMTP)
- paquete vasculonervioso



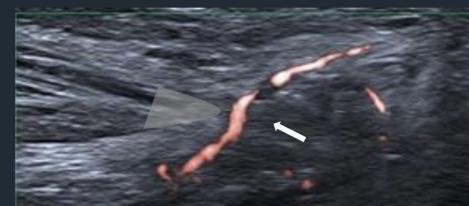
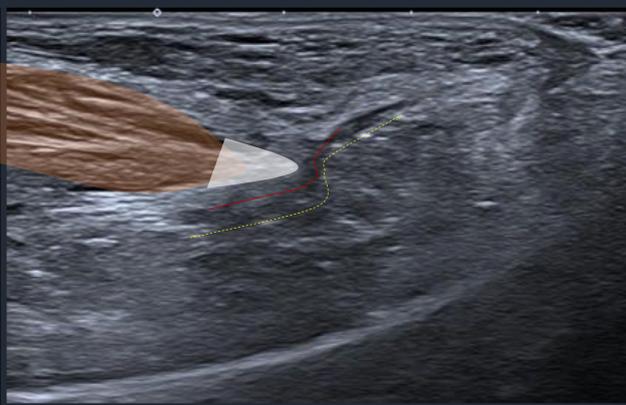
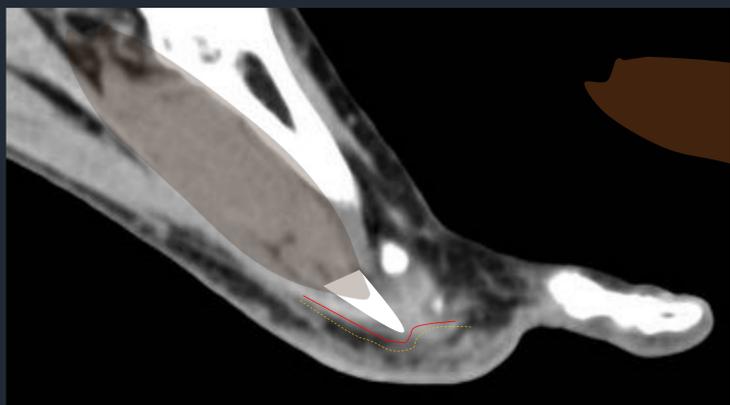
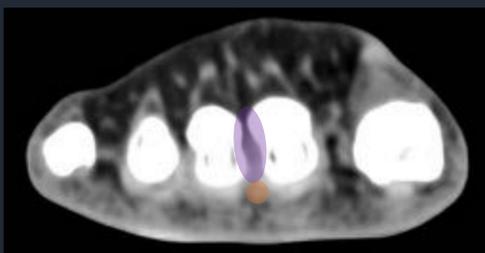
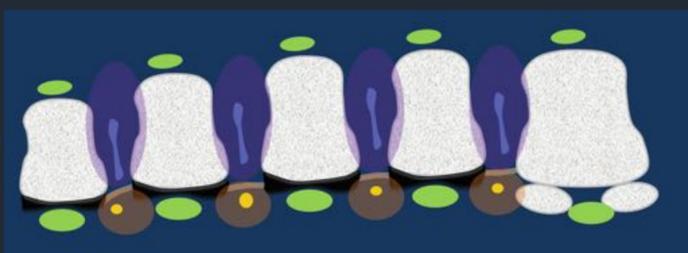
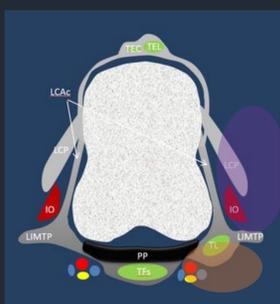
Estudio en ambos ejes: axial oblicuo teniendo en cuenta la disminución de longitud de MTT

EIM entre las cabezas de los MTT, dividido por el LIMTP (puntas de flecha) en dos zonas:

Dorsal : bursa intermetatarisana/interóseos dorsales y plantares y el AdPD paquete vasculonervioso dorsal (área morada)

Plantar: paquete vasculonervioso y músculos lumbricales (área naranja)

LIMP es una estructura fibrosa fuerte que une las cabezas de los MTT uniendo las PP



EIM dorsal: arteria intermetatarsiana plantar en forma de S itálica, visión dorsal longitudinal. Abajo , plano axial ambas arterias intermetatarsianas (flechas)

EIM longitudinal: m. interóseos (sombreado rojo), LIMP (blanco) y paquete vasculonervioso plantar

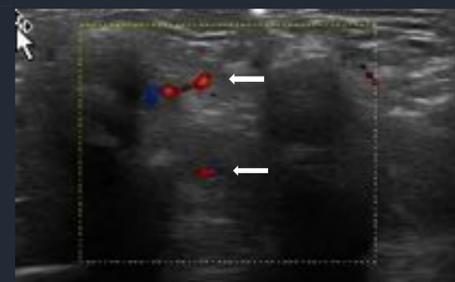
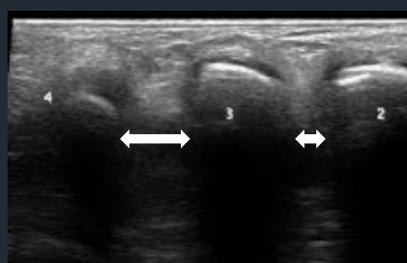
RECUERDA: exploración en dos planos

↓ frecuencia + ajustar foco

Debes estar viendo la interfase con la camilla

Compresión con el transductor para ampliar EIM, el 2º con peor ventana acústica

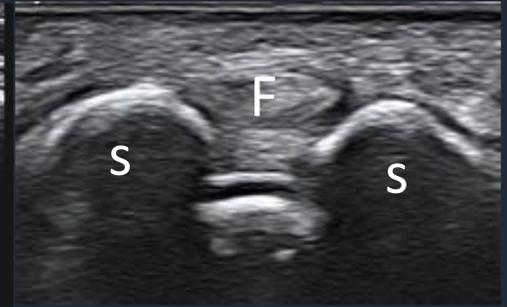
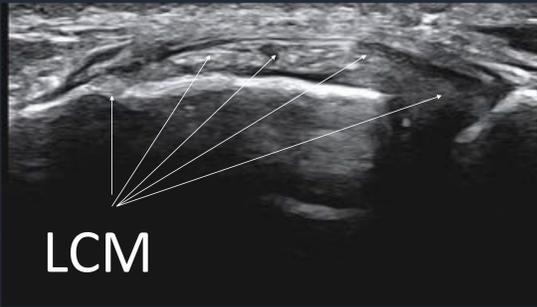
Intenta localizar la arteria IM plantar y dorsal con PD



SISTEMÁTICA DE EXPLORACIÓN: ABORDAJE PLANTAR

4º PRIMER DEDO:

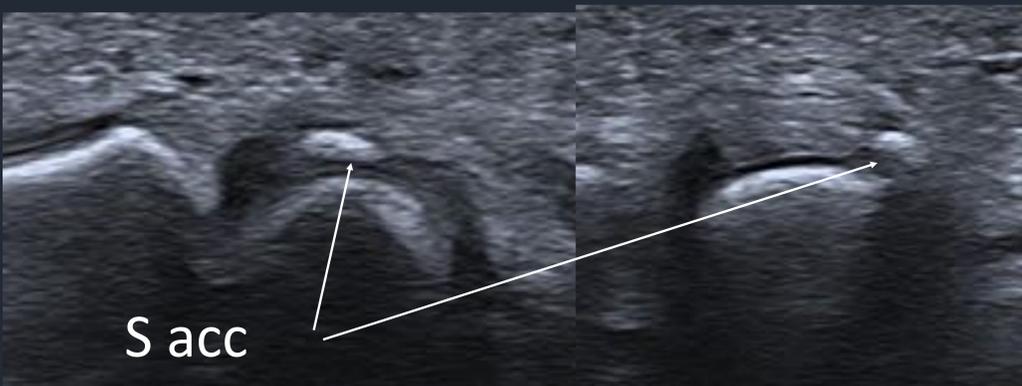
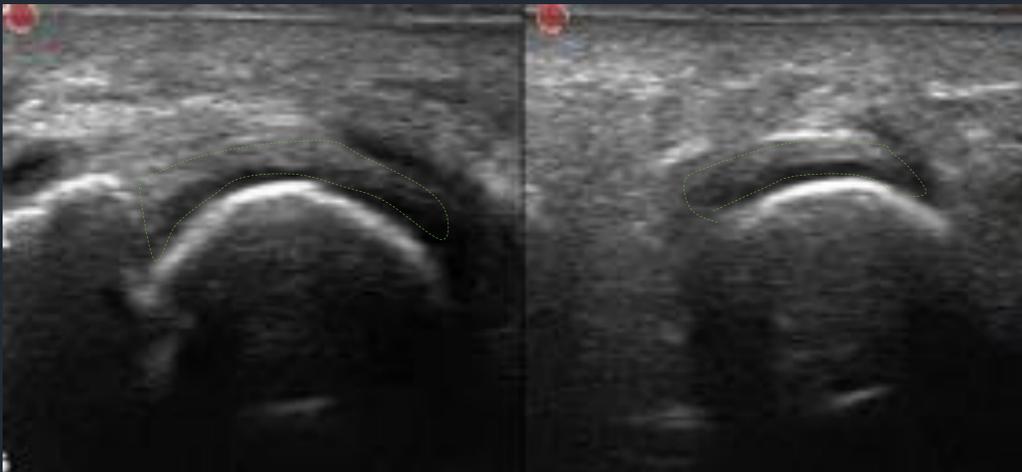
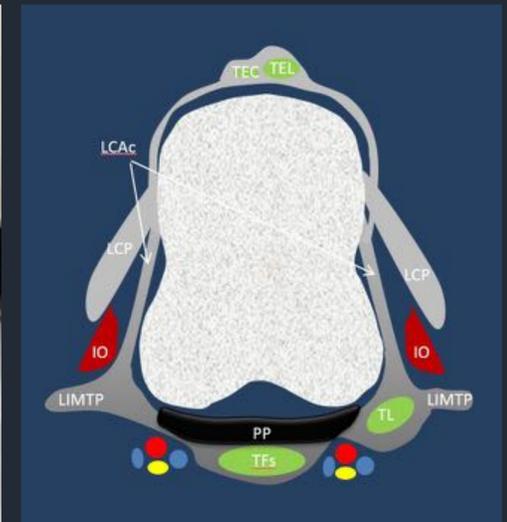
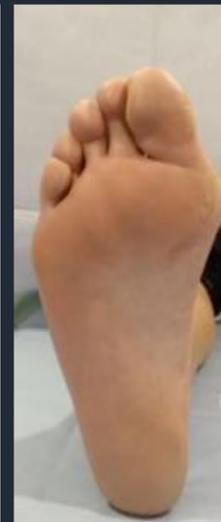
- MTF y extensor
- Ligamento colateral medial
- Nervio digital medial
- Aparato glenosesamoideo
- Tendón flexor
- Grasa plantar



5º ESTUDIO PLANTAR DEDOS MENORES

POSICIÓN :decúbito supino pierna estirada /decúbito prono

- Placa plantar (PP)
- EIM plantar
- Tendones flexores: superficiales a PP en el interior de túnel fibroso y prácticamente indistinguibles entre sí
- Paquete vasculonervioso plantar
- Grasa plantar/ bursas adventicias
- Estática del antepie (altura de cabezas MTT)



La PP se observa como una estructura hiperecogénica uniforme con morfología triangular, mayor grosor distal, contorno liso. Superficial a la banda hipoeicoica del cartílago hialino y línea hiperecogénica convexa de la cortical ósea.

Pueden existir sesamoideos accesorios embebidos en la porción central de la parte medial ⇒ DD con avulsiones de la PP distal

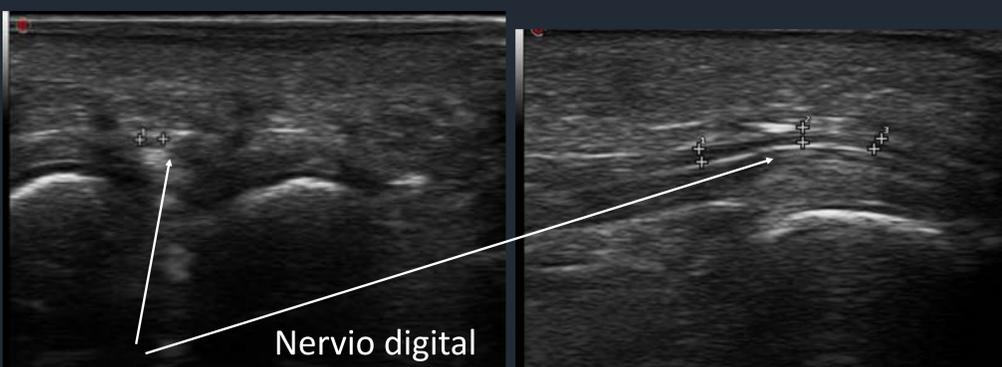


La PP es el estabilizador primario, en el plano sagital, de la MTF.

Estructura trapezoidal compuesta por fibras de colágeno tipo 1 en disposición longitudinal. Altura 2-5 mm, longitud 16-23mm y anchura 8-13 mm.

Inserción distal en falange firme y gruesa / inserción proximal laxa en cuello MTT

Múltiples inserciones: aparato extensor / LIMP/ interóseos / ligamentos colaterales/ vaina de flexores/ lumbricales/ expansiones fascia plantar
Función: resistir fuerzas tensiles dorsales + amortiguador durante la marcha



En antepie proximal los nervios plantares medial y lateral se dividen en nervios digitales comunes que transcurren por cada EIM acompañados de sus respectivos vasos interdigitales

Recuerda: Abundante gel con extensión previa + Ajustar la frecuencia +Eje corto y largo

FRACTURA DE ESTRÉS

Lesiones de sobreuso, sobrecarga mecánica que excede la fuerza del hueso:

fx. fatiga: carga anormal/hueso normal

fx. insuficiencia: carga fisiológica /hueso débil

Frecuente en corredores, bailarines, gimnastas y reclutas

Localización: mas frecuente **diáfisis 2º** (rígido y encastrado) > 3º mtt

Dolor localizado dorso proximal a MTTF, ↑ carga , inflamación del dorso del pie



Caso 1: inicial/4 semanas



Caso 2: inicial/ 8 semanas



Recuerda: la RX puede ser normal en fases iniciales, sin embargo la ECO tiene una alta sensibilidad

ECO

Fase aguda:

Primer signo ⇒ Halo hiperecogénico perimetatarsiano, fusiforme en el plano longitudinal y en forma de anillo en transverso, como único hallazgo; refleja la reacción de estrés del metatarsiano

Engrosamiento perióstico como una banda hipoecoica con aumento de vascularización

La cortical puede estar íntegra, av engrosada o irregular y se puede detectar la solución de continuidad lineal

Dolor selectivo en la sonopalpación

Fase subaguda:

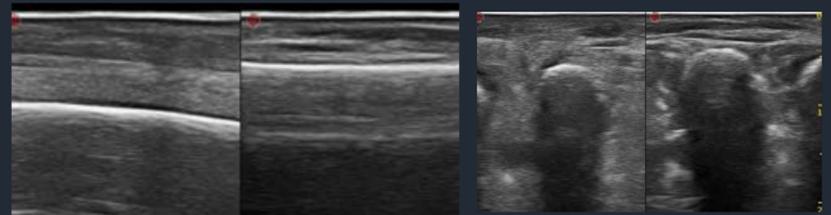
Es más fácil la detección de la interrupción de la cortical, engrosamiento e irregularidad como inicio de fase reparativa, nube cálcica

Persiste la banda hipoecoica perióstica con el aumento de vascularización y dolor a la sonopalpación

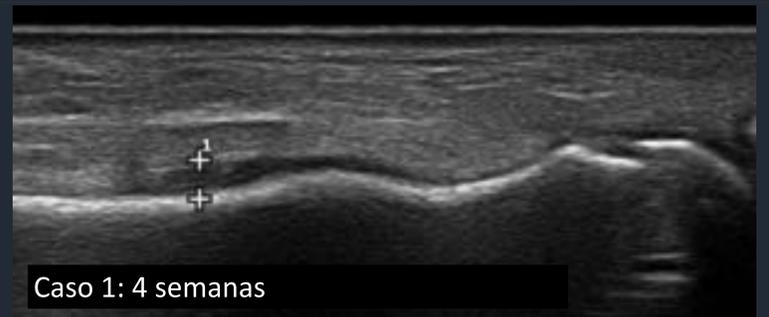
Fase crónica:

Callo ⇒ convexidad focal cortical

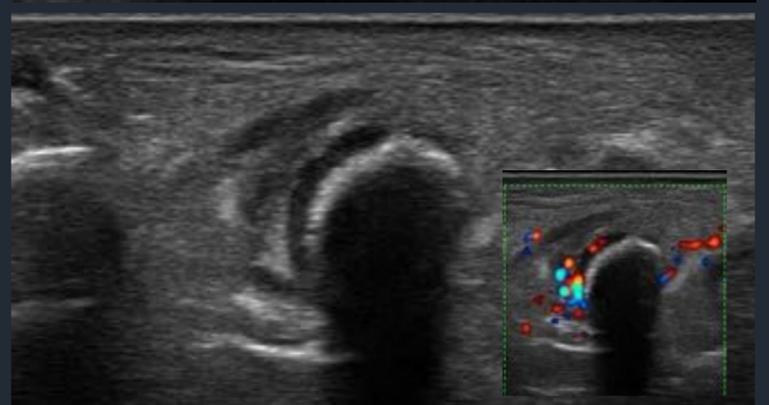
Resolución resto de hallazgos y sonopalpación -



Reacción de estrés: aumento de grosor ecogenidad de grasa periMTT sin alteración de la cortical ni el periostio. Imagen comparativa en longitudinal y axial de diáfisis de 2º dedo de ambos pies



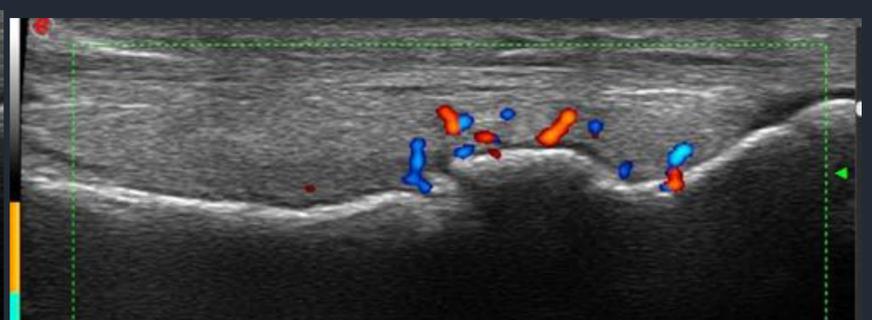
Caso 1: 4 semanas



Fase aguda: imagen longitudinal con halo hipoecoico; imagen axial: engrosamiento cortical, halo hipoecoico hipervascular, halo hiperecogénico grasa dorsal.



Caso 2: 8 semanas



Imágenes en eje longitudinal Modo B/PD: convexidad focal en la cortical , discretamente irregular pero sin clara solución de continuidad con aumento de ecogenidad de la grasa dorsal y aumento de vascularización.

ENFERMEDAD DE FRIEBERG

Etiología controvertida: Fractura subcondral ± Necrosis avascular Sobrecarga mecánica + lesión vascular

Localización: cabezas de 2º, 3º MTT. Mas frecuente en mujeres.

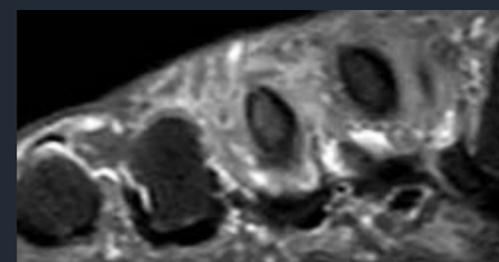
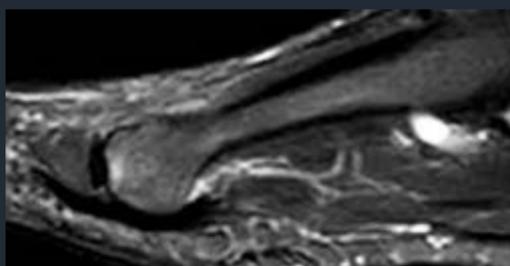
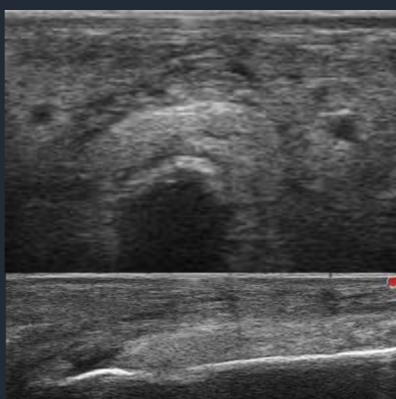
Clínica : dolor e inflamación en MTF ⇒evoluciona OA + limitación de movilidad

RX: inicial normal ⇒ deformidad o colapso de cabeza MTT, dorsal + OA

ECO:

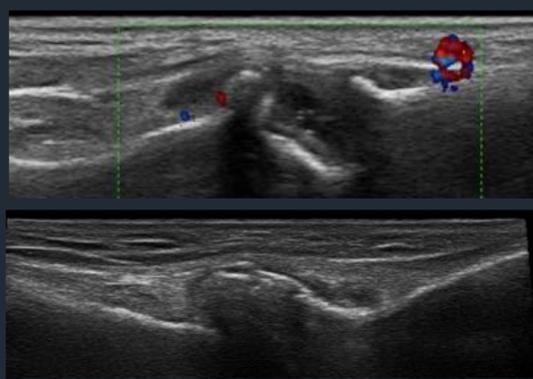
fase aguda puede detectar edema óseo como un halo hiperecogénico de la grasa adyacente a mitad distal MTT (caso 3).

Generalmente sólo se aprecia la deformidad de la cabeza y OA secundaria de articulación MTF.



Caso 1

Caso 1, NAV aguda: M50 A dolor en 3º MTF. RX normal. ECO: aumento de ecogenicidad periMTT distal sin interrupción cortical. RM: lesión osteocondral cabeza +edema óseo+ edema de partes blandas.



Caso 2

Caso 2, NAV crónica + OA. M54a. rigidez y dolor en 2ªMTTF, sin antecedente conocido. RX+ECO: deformidad de cabeza de MTT + sinovitis con escasa señal vascular y osteofitos dorsales.



La ecografía NO es la técnica de elección en la valoración de la NAV

ARTROPATÍAS

Las articulaciones metatarsofalángicas pueden afectarse por cualquier tipo de artropatía

Única: descartar origen séptico

Múltiple: inflamatoria, enfermedad por depósito, enfermedad sistémica

ECO: detecta enfermedad sinovial-derrame, proliferación sinovial y sus consecuencias –erosiones-

Guía de artrocentesis

Control del tratamiento

Clinical indications for musculoskeletal ultrasound updated in 2017 by European Society of Musculoskeletal Radiology (ESSR) consensus

Luis María Sanfilippo^{1,2}, Domenico Albano³, Georgina Allen⁴, Alberto Bazzocchi⁵, Bianca Bignotti⁶, Vito Chianca⁷, Fernando Facal de Castro⁸, Elena E. Drakonaki⁹, Elena Gallardo¹⁰, Jan Glaser¹¹, Andrija Šušter Škavca¹², Carlo Martelli¹³, Giovanni Meani¹⁴, Eugenio Micheli¹⁵, Carmelo Mosca¹⁶, Rebecca Mirón Mombiela¹⁷, Davide Orlandi¹⁸, Athina Pappou¹⁹, Magdalena Puzaszy²⁰, Rosa de la Puente²¹, Manique Rajhner²², Federica Rossi²³, Saulius Rutkauskas²⁴, Ziga Svoj²⁵, Jelena Vucetic²⁶, David Wilson²⁷, Alberto Stefano Togliatta²⁸



Joint effusions	C-D	3	Unchanged	Unchanged
Intra-articular disease	D	0	Unchanged	Unchanged
Cartilage lesions	D	0	Unchanged	1
Synovitis	A	3	Unchanged	Unchanged

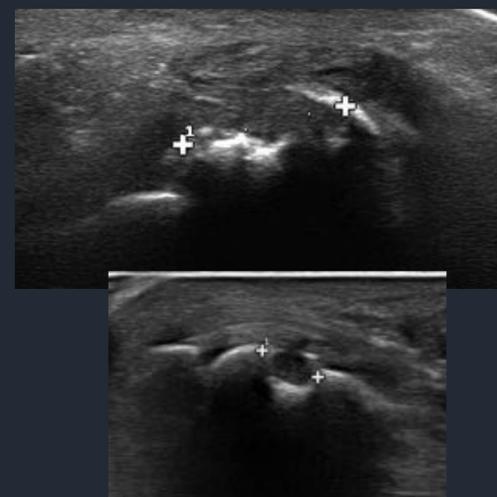
ARTROPATÍAS INFLAMATORIAS

Fases iniciales pueden cursar con metatarsalgia como debut clínico

MTTFs localización frecuente de: AR, APs, EA, ARc

Se valoran todas las articulaciones siguiendo **Criterios OMERACT**:

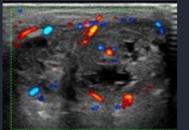
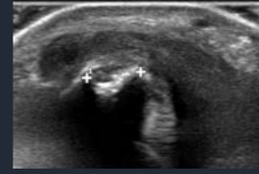
- Erosiones : discontinuidad de la cortical en dos planos
- Derrame: anecoico /colapsable
- Sinovitis: hipocoeico/deformable no colapsable + hiperemia
- PD + ⇒ actividad
- Tenosinovitis y entesitis



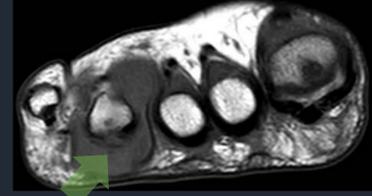
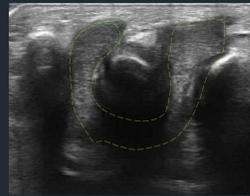
ARTROPATÍAS

ARTRITIS REUMATOIDE

Afectación frecuente pies, 2ª después de manos. Debut en 20% pacientes
Afectación típica inicial del margen lateral 5º MTF, posterior afectación del resto de MTFs
Asociación a otras sinovitis; bursitis IM, bursitis adventiciales y tenosinovitis



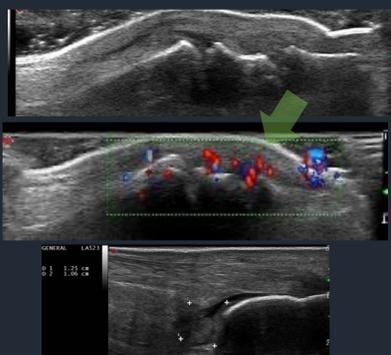
M37A. AR 5º MTF. RX+ECO: erosiones en 5º+ bursitis adventicial + bursitis IM con PD+



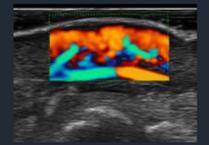
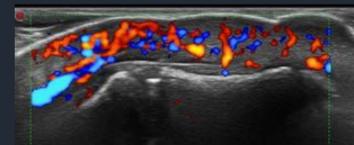
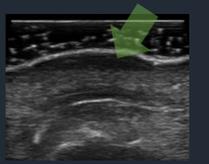
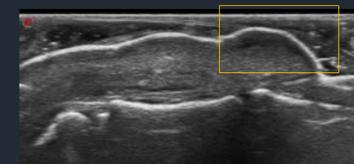
M 44 A: Coalescencia de bursitis 4º dedo. Rotura de placa plantar y flexores., ausencia de identificación en abordaje plantar + erosiones (*)

ESPONDILOARTROPATIAS

Procesos inflamatorios crónicos caracterizados por la afectación axial y /o periférica con un doble mecanismo, entesopatía inflamatoria y / o artritis y que afectan con frecuencia a tobillo y pie.
Se engloban la espondilitis anquilopoyética, la artropatía psoriásica (APs), la artritis reactiva y las artropatías asociadas a enfermedad inflamatoria intestinal.
En el pie cursan generalmente con dactilitis y/ o artritis de MTFs e IFs.
Especialmente frecuente en la Aps: afectación MTFF similar a la AR .Tobillo y pie 55% debut de Aps.
Además el calcáneo y sus múltiples entesis son diana preferente, presente en el 77% de los pacientes con Aps.



V 40 A con psoriasis Dactilitis en 2º dedo. ECO: ↑ ppbb dorsales +irregularidad cortical y sinovitis IFs + Bursitis preaquílea



M 39 A. Celulitis:2º dedo "en salchicha" + signos de tromboflebitis en cara interna tobillo ECO: ↑ partes blandas dorsales epicentro dermis (↑ grosor y ↓ eco, flecha verde), PD+, normalidad IFs

Recuerda la ecografía permite estudiar otras localizaciones diana en la misma exploración ⇒ valora resto de articulaciones y entesis de afectación más frecuente para corroborar el diagnóstico.

Recuerda la ecografía permite valorar el origen de los cambios inflamatorios en piel y la presencia de complicaciones en planos profundos.

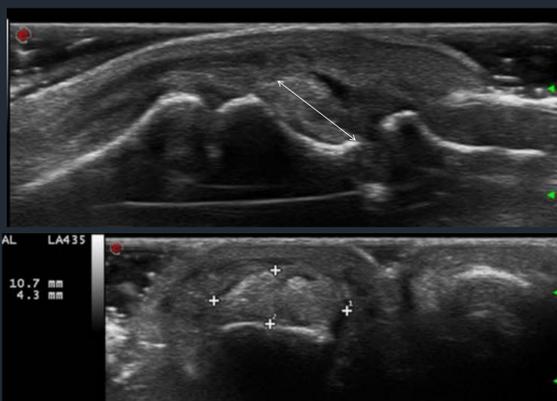
Artropatías de depósito:

- Gota: "doble contorno"+ tofos
- Depósito de PPC
- Tendinopatía calcificante

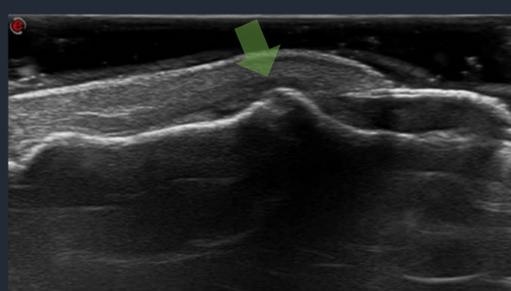
OA: alta prevalencia . 15% > 50 A.
MTFF 1 dedo > IFs



Gota: depósito superficial en cartílago "doble contorno"
PPC: depósito capa media de cartílago, focos puntiformes ecogénicos en su espesor
P calcificante: conglomerados hiperecogénicos de diferente densidad



V 78 A con dolor e inflamación en tercer dedo pie, episodios similares previos en primer dedo.
ECO TOFO: masa hiperecogénica, de bordes mal delimitados, contorno lobulado, mínimo halo hipoeicoico en superficie extensora FM



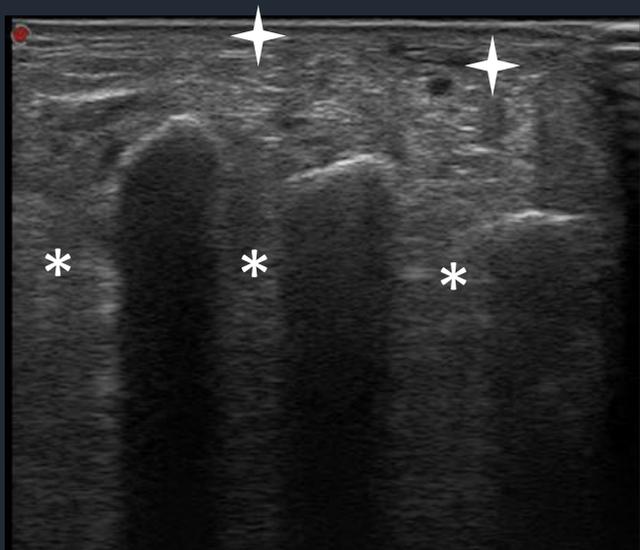
OA IFD 4º dedo: pinzamiento y osteofitos dorsales. Es frecuente la asociación a derrame articular y engrosamiento sinovial, generalmente sin signos de actividad, PD-



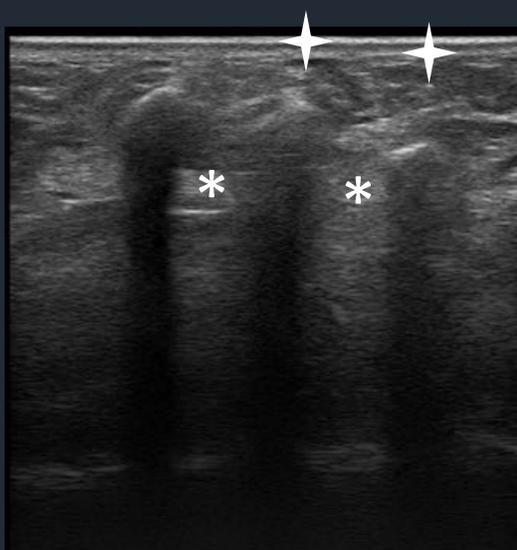
MUSCULATURA INTRÍNSECA

La valoración sistemática debe incluir la musculatura intrínseca, siendo especialmente fácil la detección de alteraciones de ecoestructura de los músculos interóseos en el abordaje dorsal.

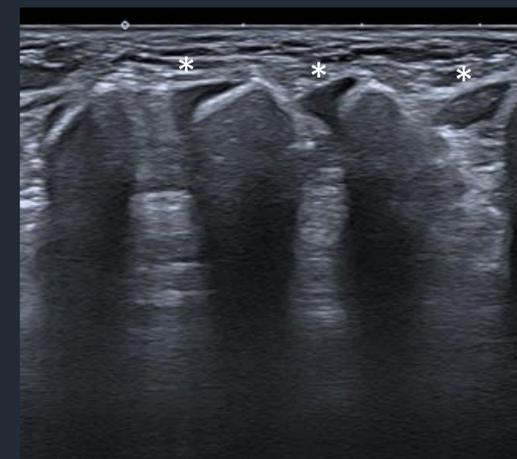
Atrofia muscular generalizada: aumento de ecogenicidad global, pérdida de definición de su arquitectura y pérdida de volumen (este dato es difícil de valorar); puede relacionarse con una alteración neurológica primaria como la enfermedad de Charcot-Marie-Tooth (CMT) o puede ser secundaria a otras enfermedades, típicamente se observa en pacientes diabéticos.



Varón diabético, metatarsalgia, atrofia de musculatura intrínseca (*), afectación asociada de grasa de TCS (◇)



Paciente con pie cavo con metatarsalgia central, atrofia de musculatura intrínseca (*) en CMT. TCS normal (◇).



Los interóseos dorsales (*) ecográficamente se definen mejor en la cara dorsolateral de la diáfisis, de aspecto ovalado y pueden ser hipoeoicos respecto a los plantares ⇒ aspecto de pseudotumor

BURSITIS

En el pie se localizan bursas anatómicas y adventicias.

Las **bursas anatómicas** están presentes en todos los individuos de nacimiento, se localizan en áreas de fricción como protección para el movimiento. En antepie corresponden a las bursas intermetatarsianas BIM)

Las **bursas adventicias** son adquiridas y se originan en zonas de roce no fisiológicos; en el pie aparecen típicamente bajo las cabezas de MTT, medial al 1º MTT (HV) y lateral al 5ª MTT (juanetillo de saстре)

Cualquier acumulación aplanada de líquido en el pie debe considerarse una bursa en primer lugar, la mayor parte origen mecánico.

BURSA INTERMETATARSIANA

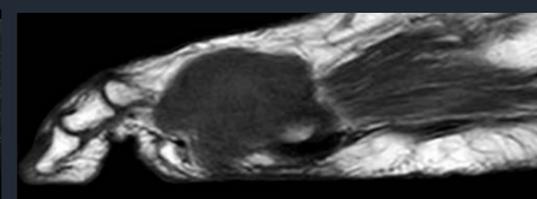
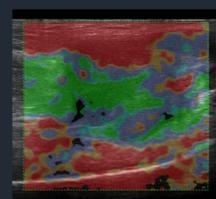
Favorecen el deslizamiento de las cabezas de los MTT ⇒ adaptación a terreno irregular

Se localizan en el espacio IM dorsal

En condiciones normales < 3mm de diámetro transverso

Frecuente en artropatías inflamatorias, hallazgo inicial en 0,16% de los casos y generalmente PD + ⇒ buscar otras localizaciones con afectación sinovial (articulaciones y vainas tendinosas)

Muy frecuente asociación con NM ⇒ algunos autores abogan por hablar de COMPLEJO BURSA-NEUROMA



ECO

Estructura aplanada hipoeoica, frecuentemente heterogéneas, localizadas en EIM dorsal

Frecuente señal vascular cuando complejas/inflamatorio

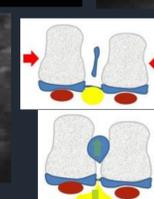
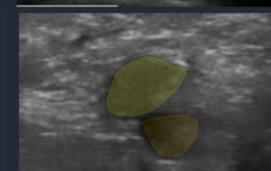
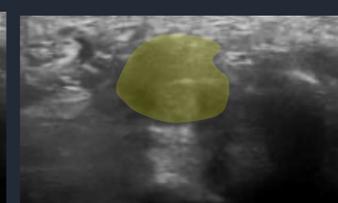
Blandas en estudio elastográfico

ECO DINÁMICA

Maniobra de Mulder: desplazamiento dorsal
Compresibles digitalmente y transductor

Visión plantar longitudinal: colapso BIM

Visión plantar longitudinal: respuesta maniobra Mulder



Recuerda la exploración dinámica permite individualizar el NM de la BIM acompañante por su comportamiento.

NEURALGIA DE MORTON

El neuroma de Morton (NM) **NO** es una neoplasia, es un proceso fibroso no neoplásico del nervio digital plantar común.

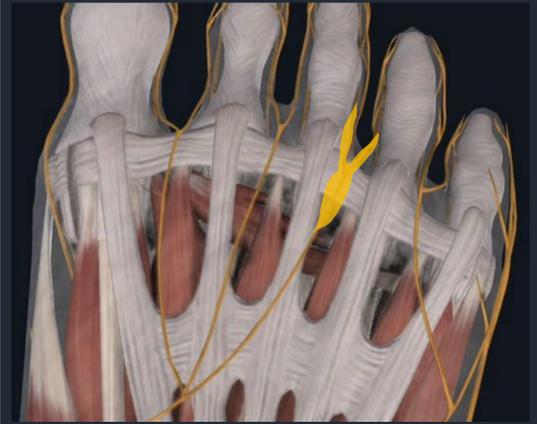
AP: masa fibrótica perineural asociada a proliferación vascular y degeneración axonal

Etiología: controvertida, microtraumatismo, isquemia, compresión bursal, pinzamiento del nervio interdigital por LIMTP, ↑ de la rigidez de la fascia dorsal

Localización: 3º EIM más común por su > grosor/ más cercano cabeza 3º MTT / mayor movilidad. 3º EIM 66-91% ; 2º EIM 18-32%

Frecuentemente múltiple , bilateral en 21% de pacientes

Mujeres>>> hombres 18:1. 50 años



Clínica: Dolor urente en EIM con irradiación a dedos, agravado con zapato estrecho y tacones. El dolor empeora caminado, de pie y mejora al descalzarse.

💡 33% asintomáticos ⇒ **NO** requieren tratamiento.

EF: dolor a la compresión en el espacio interdigital , Maniobra de Mulder ⇒ dolor / clic doloroso con la compresión lateral de las cabezas de los metatarsianos



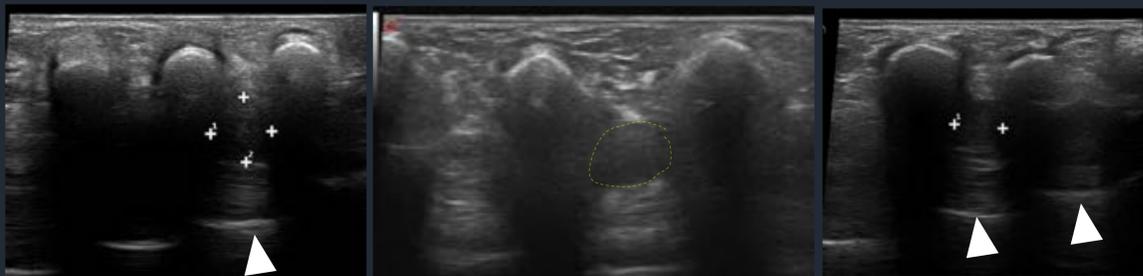
TÉCNICA ECOGRÁFICA

SIEMPRE: Abordaje dorsal + plantar + maniobras dinámicas (Mulder+ compresión EIM)



❑ ECO: EJE CORTO

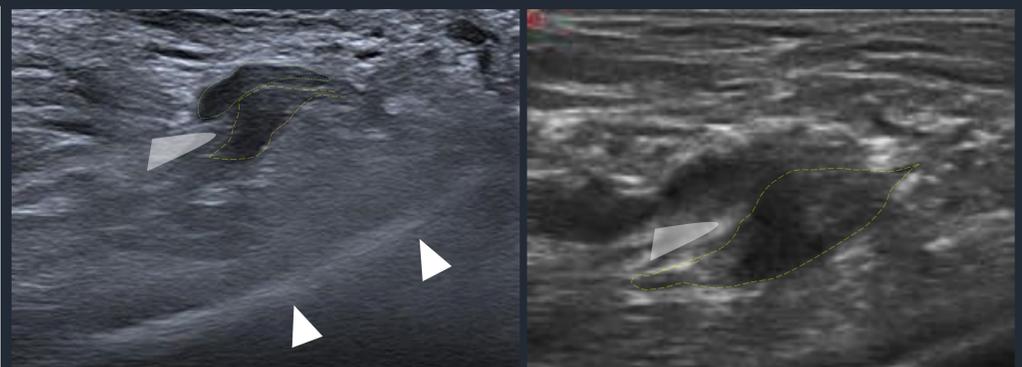
Masa hipoecoica redondeada. Localizada EIM plantar



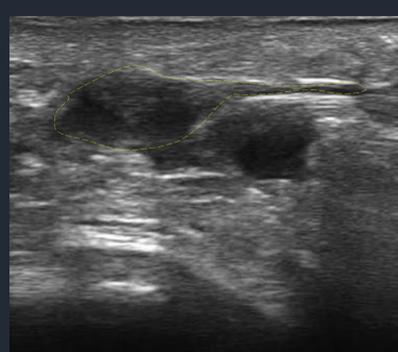
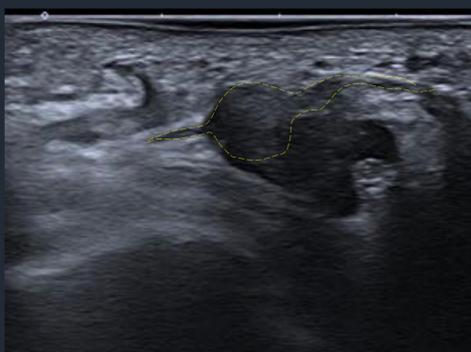
💡 **Recuerda** en la exploración del EIM dorsal la frecuencia seleccionada debe permitir ver la interfase de la planta del pie (punta flecha)

❑ ECO: EJE LARGO

Masa hipoecoica fusiforme, ecogenicidad variable
Oblicua a MTT caudocraneal
Localizada en porción plantar del EIM
Profunda al LIMP plantar
Anterior y plantar a bursa IM, casi constante
Continuidad con nervio digital (↑↑ seguridad)



Visión dorsal: relación BIM (verde) , NM (amarillo y LIMP (blanco)



💡 Recuerda el abordaje plantar permite mayor accesibilidad y mejor valoración continuidad nerviosa. (forma de renacuajo)

NEURALGIA DE MORTON

EXPLORACIÓN DINÁMICA

Decúbito supino con pie libre, o prono

Sonda sobre la planta del pie, fundamentalmente axial.

1º Maniobras de Mulder: *presión sobre la cara medial y lateral del pie para aproximar las cabezas de los MTT*

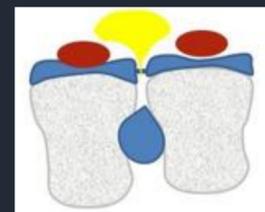
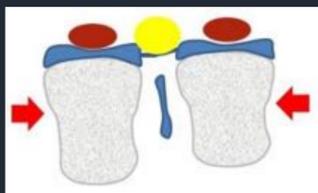
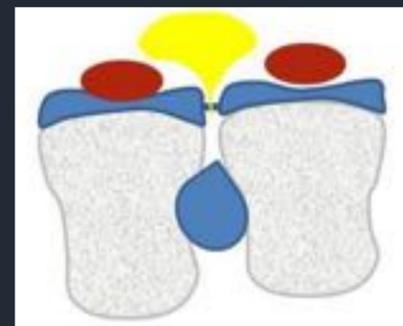
Desplazamiento plantar NM ⇒ facilita visualización

Morfología de hoja de ginkgo ⇒ cóncavo lateralmente y convexo plantarmente, centrado en EIM

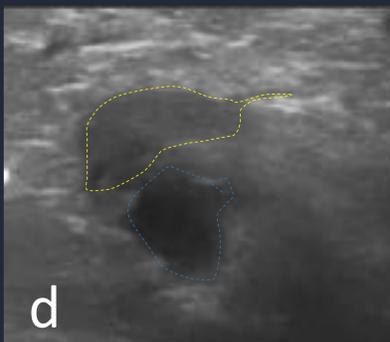
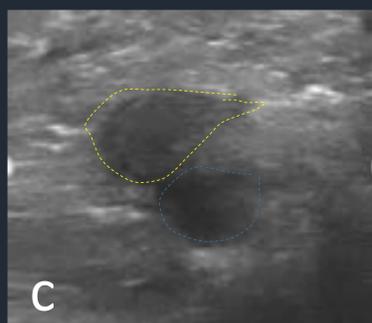
Clic visible, audible, si doloroso ⇒ se considera NM sintomático

Estudio en eje corto y largo

La bursa IM comportamiento dinámico diferente ⇒ desplazamiento dorsal y adquiere morfología redondeada



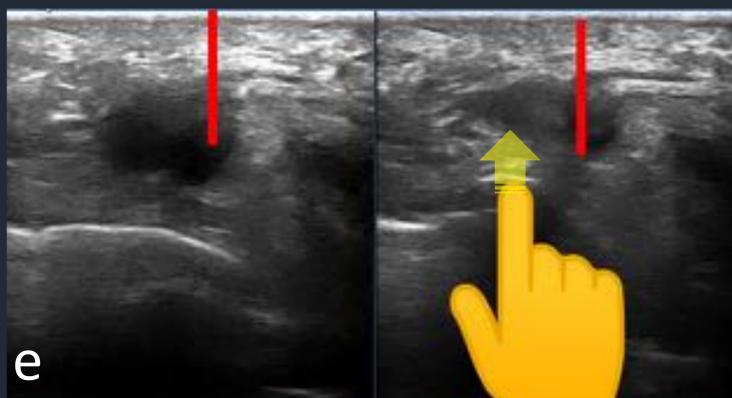
Maniobra de Mulder: a y b axial, b y c longitudinal. Desplazamiento plantar de neuroma (contorneado en amarillo) y dorsal de bursa (contorneado en azul). C y d Visión longitudinal



Recuerda que también se movilizan plantarmente otras estructuras como el pseudoneuroma que acompaña a la rotura de la PP o la propia grasa del EIM. El desplazamiento plantar del neuroma debe asociarse a la sintomatología del paciente para que el signo sea más específico. 33% neuromas son asintomáticos

2ª Maniobra dinámica: deformación con la compresión digital o con transductor (e)

3ª Maniobra dinámica: movilidad dorsoplantar con la compresión y deslizamiento digital. El nervio y la fibrosis es móvil y desplazable plantarmente distal al LIMP y fijo proximal al mismo



Recuerda todas las maniobras dinámicas son imprescindibles, favorecen la individualización del complejo bursa-neuroma y facilitan la detección de la dependencia del nervio digital

LESION DE PLACA PLANTAR

La lesión de la PP es el origen y/o consecuencia de diferentes entidades clínicas: síndrome de sobrecarga del segundo dedo, síndrome de predislocación e inestabilidad de MTTF. Representa el 40% de las causas de metatarsalgia.

Mayoritariamente es un proceso degenerativo CRÓNICO por sobrecarga, con afectación principal de la inserción distal. Pueden existir formas agudas en atletas por dorsiflexión brusca y subsidiarias de intervención. Afecta fundamentalmente a mujeres de mediana edad y se asocia con frecuencia a hallux valgus

Localización: inserción falángica, 67-90% en 2º MTT: supinado + cóndilo lateral mayor (*) ⇒ la más afectada la inserción distal lateral de PP 2º dedo

Factores predisponentes: hiper movilidad de primer radio, 2º MTT largo y hallux valgus

Clínica: Dolor localizado en base de 2º falange, cuando existe proceso inflamatorio agudo se amplía la zona dolorosa.

EF: Ensanchamiento del espacio interdigital, dedo en martillo, desviaciones dedo, típicamente medial ⇒ Crossover toe. Test de Cajón positivo vertical. Disminución de test de agarre

RX en carga: hallazgo más frecuente desviación medial de 2º dedo, signo de la "V" entre 2º-3º dedo.



Foto clínica, radiografía y TC del mismo paciente que demuestra la desviación medial del 2º dedo, la más frecuente en degeneración de la PP y el mayor tamaño del tubérculo lateral de la cabeza del 2º MTT que favorece esta localización. Irradiación del dolor más frecuente.

ECO:

↑ de grosor en inserción falángica L>M

↓ de ecogenicidad

Pérdida de definición de contorno PP lateral

Elongación de la PP con disminución de grosor global

Otros hallazgos:

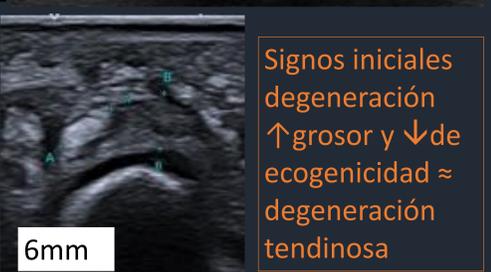
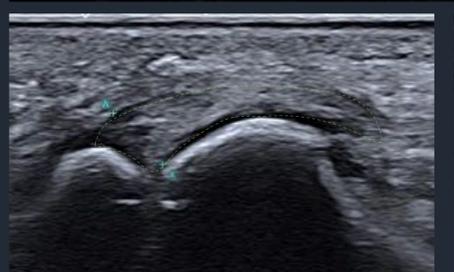
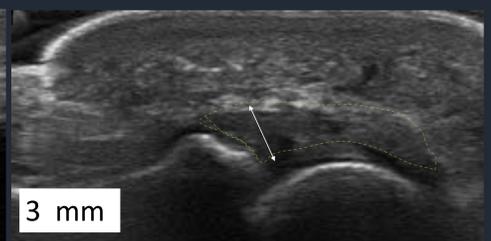
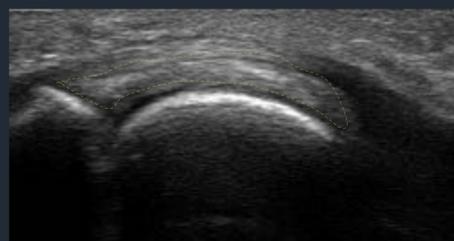
Irregularidad cortical/ avulsión de FP

Subluxación tendón flexor

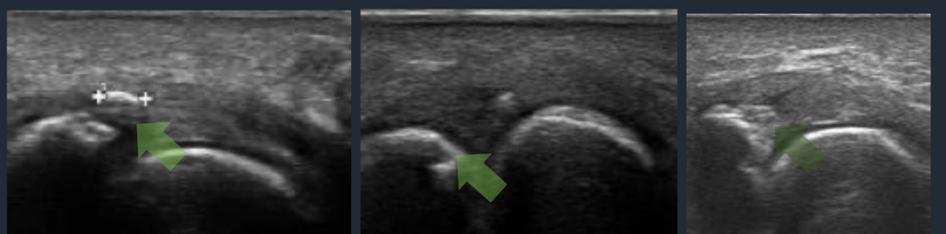
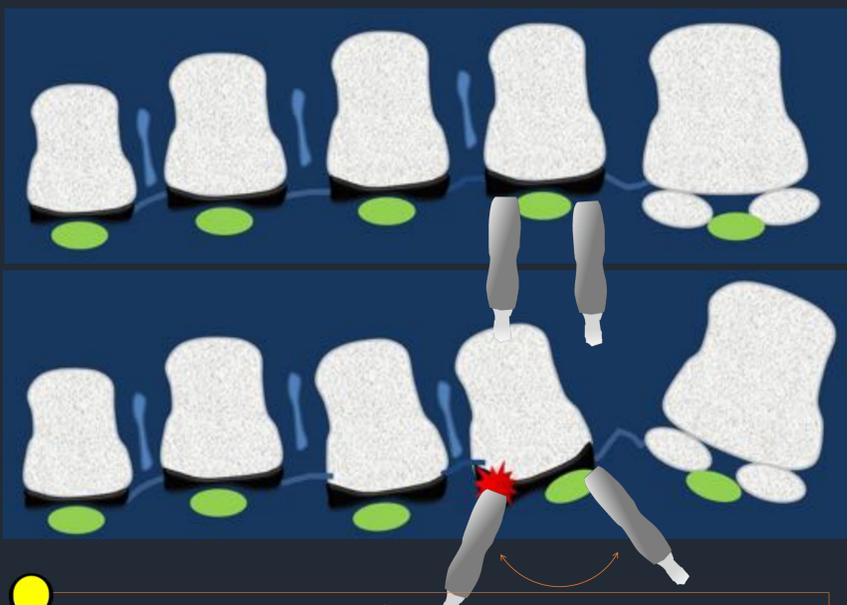
Solución de continuidad intraPP

Signo de interfase del cartílago

Rotura PP



Signos iniciales degeneración
↑ grosor y ↓ de ecogenicidad ≈ degeneración tendinosa



Irregularidad cortical en la entesis falángica de PP



Imágenes en plano axial :subluxación leve y severa de tendón flexor en degeneración y rotura completa de PP

Recuerda la exploración debe realizarse lateralizando y oblicuando el transductor por la rotación frecuente de los MTT que acompaña las alteraciones de la estática del antepie.

LESIÓN DE PLACA PLANTAR

ROTURA DE PP

Principalmente por sobreuso, como evolución de degeneración. Excepcionalmente aguda por hiperflexión dorsal forzada ⇒ suele asociarse a avulsión ósea de FP.

Afecta fundamentalmente a la porción distal y lateral. Puede ser de espesor parcial (generalmente dorsal) o completa.

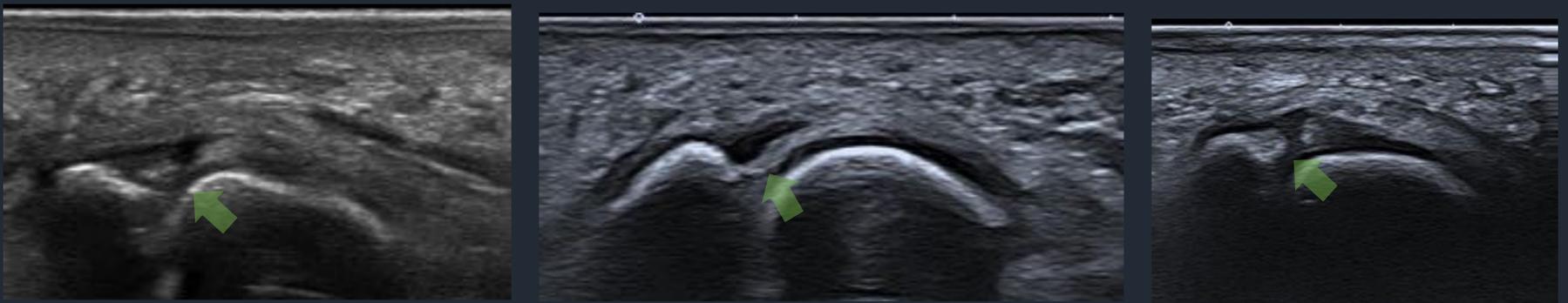
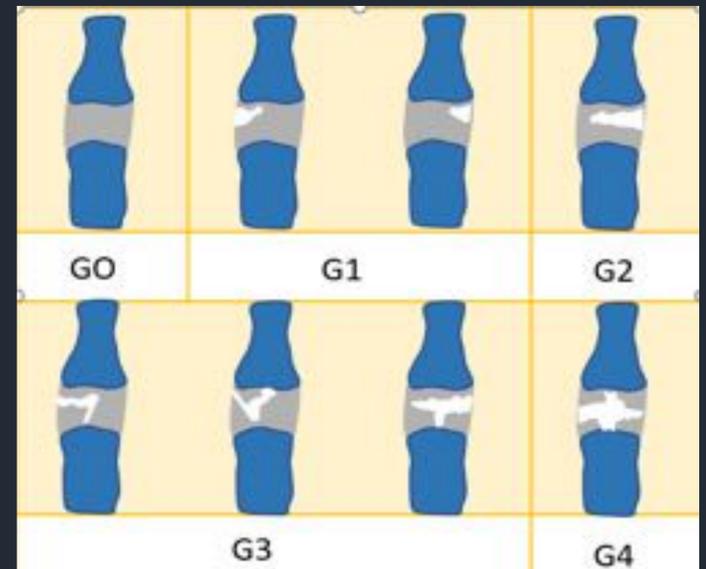
Presenta diferentes grados G0 ⇒ G4

ECO:

Solución de continuidad, generalmente hipoecoica, próxima a FP.

El estudio debe empezar desde inserciones laterales a central para valorar grado ⇒ obligado oblicuar el transductor desde el EIM.

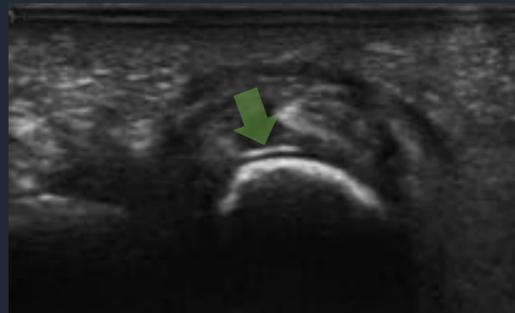
La exploración dinámica facilita el diagnóstico y valoración de grado.



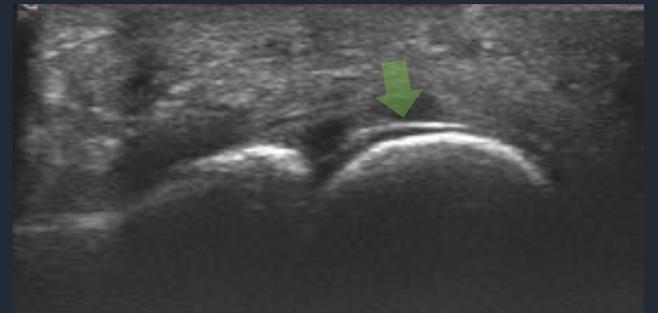
Diferentes roturas (flechas verdes): soluciones de continuidad hipoecoicas, de espesor parcial y completo en la región lateral de la placa



Avulsión de PP lateral DD con Sacc ⇒ éste es mas proximal y medial + PP y FP normales



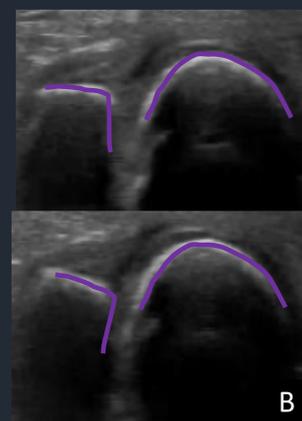
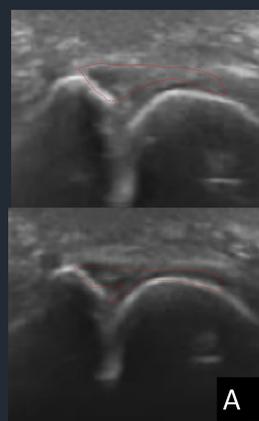
Signo de la doble línea del cartílago, axial y longitudinal



EXPLORACIÓN DINÁMICA: Cajón anterior+ flexoextensión

Facilita visualización de solución de continuidad
Demuestra planos de deslizamiento intraplaca

↑ sensibilidad de la técnica



Maniobras dinámicas: flexión dorsal dedo y cajón anterior: A; se aprecia mejor la hendidura en flexión con el aumento de tensión de la PP. B: falta de transmisión del movimiento por rotura completa con inestabilidad de la articulación.



PP lateral y central de 2º dedo: A: ↑ grosor lateral, heterogeneidad, signo de cartílago positivo y pérdida de definición del margen plantar. B y C y con movimiento tenue milimétrico que confirma el plano de solución de continuidad con deslizamiento de los fragmentos sobre el mismo.

Recuerda realiza movimientos suaves con el pulgar o índice mientras usas el otro dedo de la pinza para fijar la articulación.

LESIÓN DE PLACA PLANTAR: HALLAZGOS ASOCIADOS

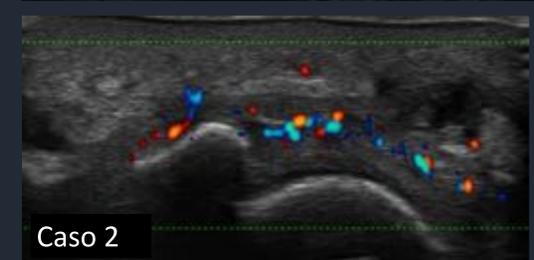
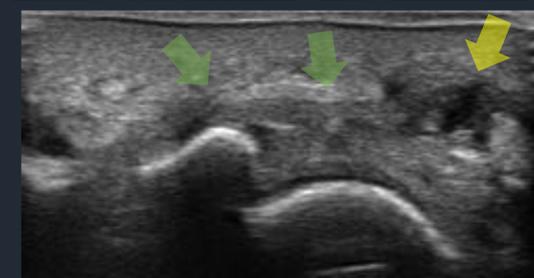
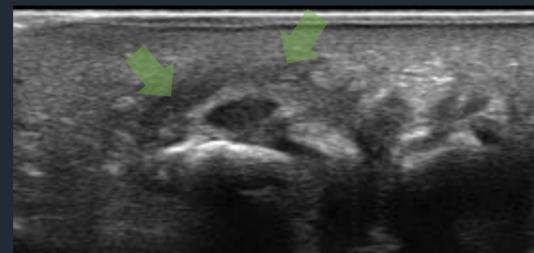
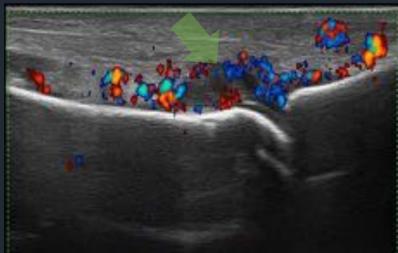
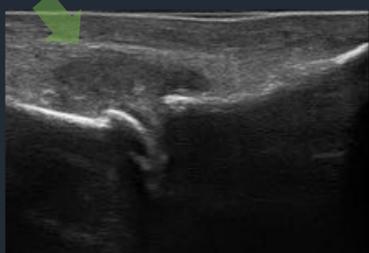
a) Edema de partes blandas adyacentes:

Busitis IM / bursitis adventicial

Pérdida de definición y ↓ ecogenicidad grasa adyacente

Sinovitis MTTF/Tenosinovitis flexores

Cambios inflamatorios en fase aguda: PD+ ⇒ coincide con debut de la clínica y cuadro más doloroso



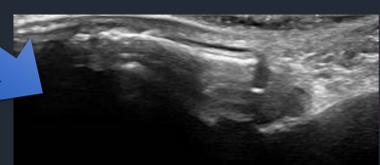
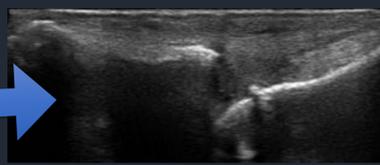
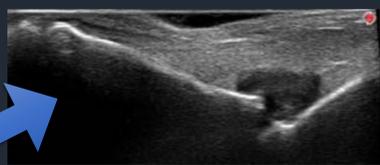
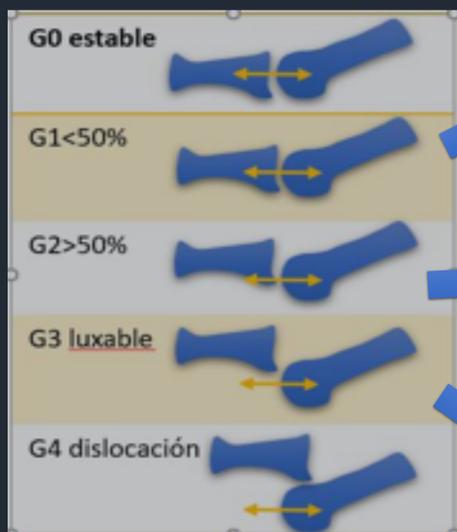
Caso 1

Caso 2

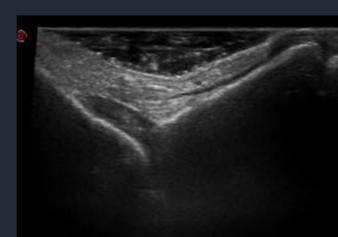
Caos: 1: Abordaje dorsal: eje corto, signo de halo hipoecoico en Sinovitis MTTF, PD+, ausencia erosiones. Caso 2: Visión plantar: engrosamiento PP lateral, tenosinovitis y ganglión (flecha amarilla) asociado., su presencia es sugestiva de r de PP

b) Inestabilidad de articulación MTTF:

Hiperextensión MTTF ⇒ desplazamiento dorsal de FP



Recuerda, la presencia aislada de sinovitis en la 2º MTTF debe hacernos sospechar lesión de PP



Maniobra de pseudocajón dorsal con desplazamiento dorsal de falange con la pinza de la mano libre. A estable b inestable

c) Pseudoneuroma en el EIM (PsNM)

- Masa fibrosa pericapsular asociada a rotura
- Localización excéntrica
- Más frecuente en 2º espacio IM
- Puede ocupar EIM dorsal y plantar
- Compresible parcialmente
- **No continuidad con el nervio**

Reto diagnóstico PsNM/NM:

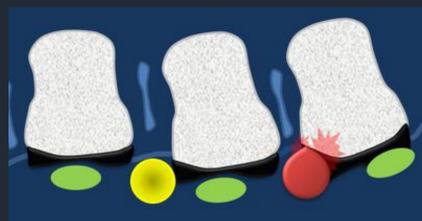
Crece ocupando el EIM

Morfología en eje largo oblicua a MTT

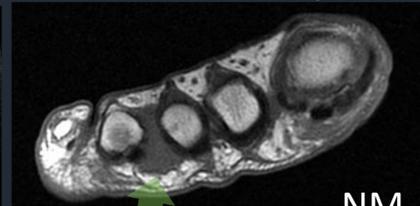
Maniobra de Mulder: desplazamiento plantar

Puede comprimir el n. digital ⇒ misma clínica

Frecuente coexistencia con NM en 3º

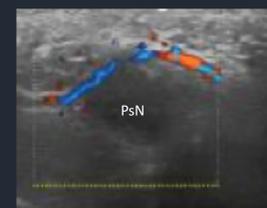


PsNM



NM

PsN: esquema, RM y ECO en ambos planos de morfología, ecoestructura. RM de NM en 3º EIM, compara la localización excéntrica y central, respectivamente, en el EIM.



V50a. Dolor en base de 2º dedo. Imagen longitudinal dorsal y plantar: relación con arterial metatarsiana plantar, localización dorsal a la misma.

DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL: NEUROMA/PSEUDONEUROMA

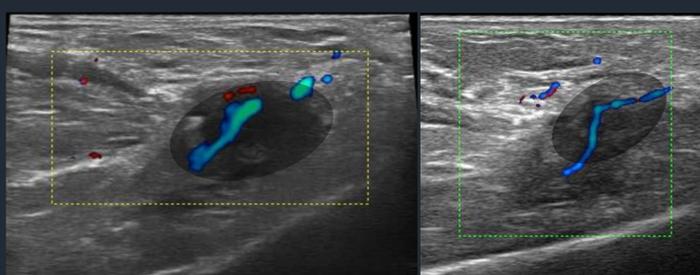
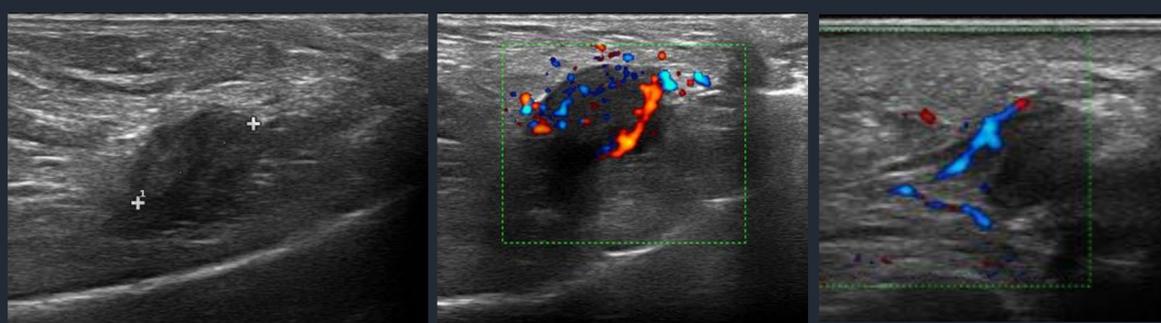
Es importante realizar un correcto diagnóstico diferencial entre ambas entidades, ya que tiene implicaciones terapéuticas, fundamentalmente en la elección de infiltración selectiva de corticoides

Ambas entidades puede coincidir en el mismo pie, en 2º y 3º EIM, fundamentalmente en mujeres con HV. Además, el PsNM puede comprimir el nervio digital reproduciendo la clínica del NM o incluso induciendo la formación de fibrosis perineural.

A las características morfológicas ya conocidas, se suma la relación entre la masa y el paquete vasculonervioso plantar para realizar un correcto DD.



Las arterias metatarsianas plantares son habitualmente 4, 1 por EIM y tienen su origen en el arco profundo plantar. En el paquete vasculonervioso se localiza dorsal al nervio



Arriba: PsNM (sombreado en negro) relación con arterias metatarsianas dorsal y plantar. Abajo: dos casos de NM "atravesados" por arterias

Recuerda, si la masa se localiza completamente dorsal es sugestivo de PsNM y si los vasos "atravesan" la lesión es sugestiva de NM

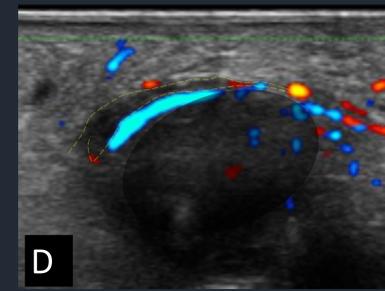
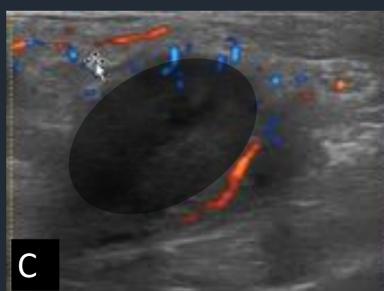
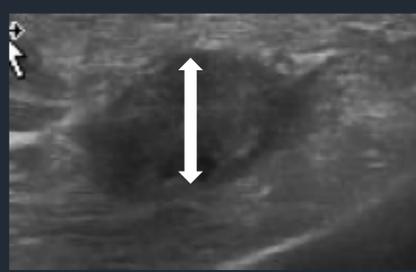
Entidad	Pseudoneuroma	Neuroma Morton
Localización	2º EIM >> 3º EIM	3º EIM >> 2º EIM
Modo B	Masa hipoecoica EIM excéntrica Puede ser oblicua eje MTT Redondeada eje corto	Masa hipoecoica centrada EIM Oblicua eje MTT Redondeada eje corto
Hallazgo clave	Relación PP íntima degenerada	Entrada de nervio digital común
Estudio dinámico: Mulder Compresión digital	si positivo, excéntrico Parcialmente compresible	Positivo, central, hoja de ginkgo Deformable/ distal LIMP desplazable
PD: relación arteria IM	Localización dorsal	Engloba la arteria



Caso 1



Recuerda, el hallux valgus crea alteración de la estática ⇒ sobrecarga axial de dedos centrales ⇒ caída de bóveda de antepie ⇒ frecuente desarrollo de metatarsalgia por transferencia. Degeneración de placa plantar y/o bursitis adventicial y/o fibrosis perineural + bursitis IM. Es frecuente la coexistencia de todos estos hallazgos pero no todos serán sintomáticos



Caso 1: M70A, HV de tiempo de evolución con dolor en 2º y 3º EIM y sensación urente en 2º, 3º y 4º dedo. A: video de 5º a 1º: el estudio axial demuestra ocupación del 2º y 3º EIM. B: video longitudinal dorsal PsN parcialmente colapsable y discreto engrosamiento fusiforme de N.D.. C, D: visión plantar de 2º espacio muestra una masa vascularizada dorsal al paquete vasculonervioso y un discreto engrosamiento fusiforme del nervio digital (contorneado en amarillo).

LESIÓN DE ALMOHADILLA GRASA PLANTAR

HIPERQUERATOSIS PLANTAR/ HELOMAS/ CLAVOS

Las hiperqueratosis son la respuesta de la piel a un exceso de solicitudes, a la compresión y sobre todo al cizallamiento de la piel. En la EF respetan las líneas de la piel sin interrumpirlas.

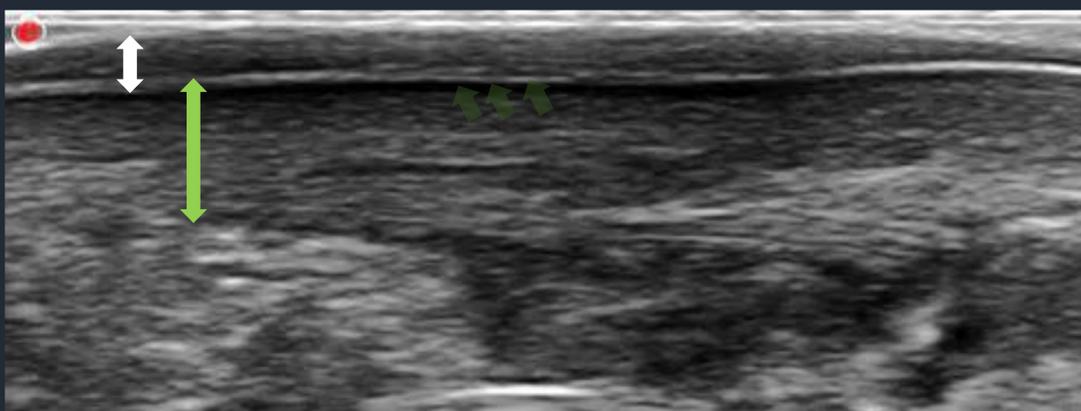
Son patológicas aunque no siempre sintomáticas

Las originadas en el 2º rocker, no propulsivas, se localizan inmediatamente debajo de las cabezas metatarsales y limitadas al mismo; las originadas en 3º rocker, propulsivas, se extienden hacia la base de los dedos, tienden a coalescer en una redondeada, típica en la patología de la PP

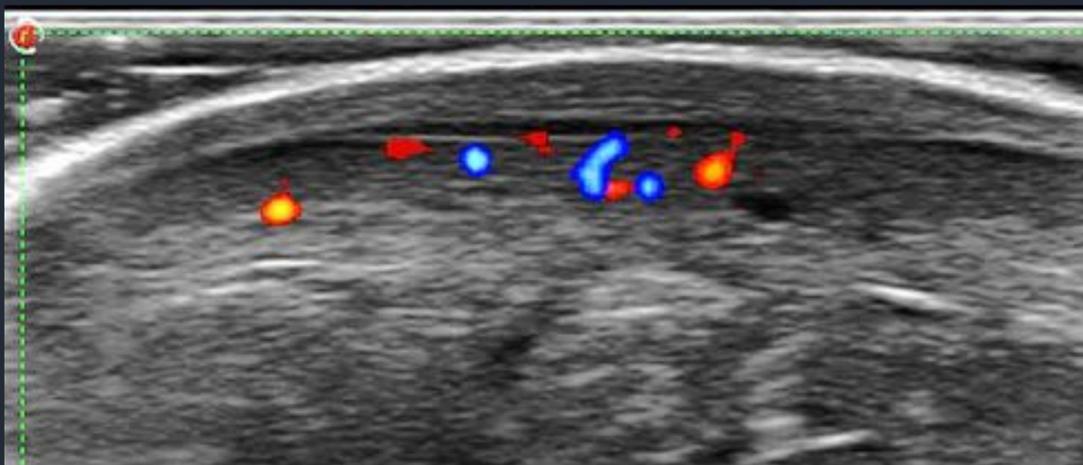
Los helomas son hiperqueratosis con un núcleo que se corresponde con una zona de hiperpresión piel-hueso, que condiciona una isquemia de la capa basal.

Son lesiones muy delimitadas y más profundas que las hiperqueratosis simples. Se localizan principalmente en el dorso de los dedos, los espacios interdigitales y también en la zona plantar del antepié, generalmente subyacente a las cabezas de metatarsianos.

Pueden tener un componente inflamatorio que plantea DD con la verruga plantar



Caso 1

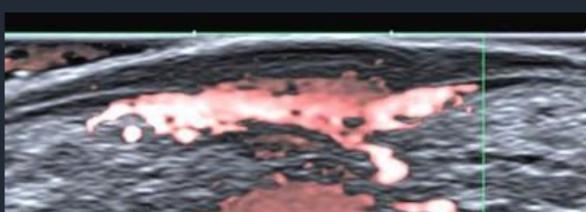
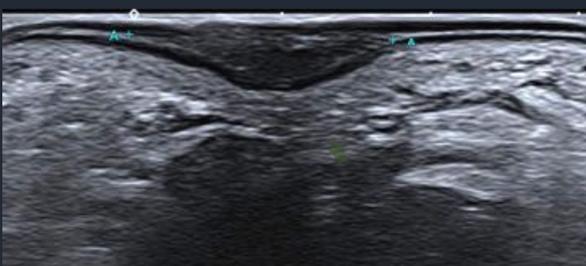
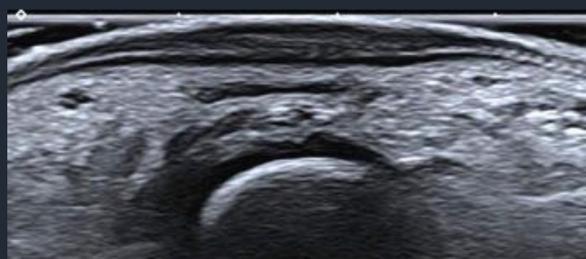


☐ HIPERQUERATOSIS ECO:

- ↑ grosor epidermis –bilaminar. ↑ grosor y ↓ ecogenicidad de línea dermoepideermica
- Vascularización escasa o ausente
- Extensión amplia, difusos
- Disminución gradual de hallazgos
- Generalmente asintomático



Caso 2



☐ HELOMA ECO:

- ↑ grosor epidermis bilaminar
- ↑ grosor y ↓ ecogenicidad de línea dermoepideermica
- ↓ ecogenicidad dermis subyacente y aumento grosor
- Morfología semielíptica con área plana superficial, con un “corazón” central (*)
- Aumento de grosor y de línea dermohipodermica
- Aumento de vascularización
- Doloroso a la compresión

LESIÓN DE ALMOHADILLA GRASA PLANTAR

La almohadilla grasa submetatarsal tiene una estructura anatómica compartimentalizada mediante septos conectivos dispuestos horizontal o verticalmente dependiendo de la región: a) zonas de fricción durante la marcha, fase de frenado y despegue, localizadas proximal y distal a las cabezas metatarsianas y b) áreas que soportan peso, región subcapital. Estos septos conectan la fascia plantar, las estructura óseas y capsuloligamentarias de las articulaciones MTTF y la piel, tensándose con la extensión de las MTTFs.

La alteración aislada de la grasa plantar, por sí misma, puede causar metatarsalgia.

FIBROSIS SUBMETATARSIANA:

Frecuentemente asintomáticas

Las áreas de fibrosis son más frecuentes en dedos centrales y frecuentemente asociadas a hiperqueratosis

ECO: Áreas subcapitales hipocóicas mal definidas de contornos anfractuados generalmente visibles en áreas de descenso MTT y disminución de grosor de la almohadilla

BURSITIS ADVENTICIALES:

No tienen sinovial, cavidades rodeadas de fibrosis capsular

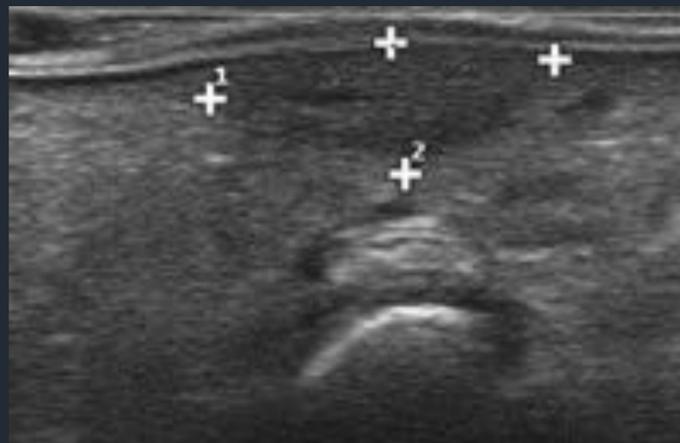
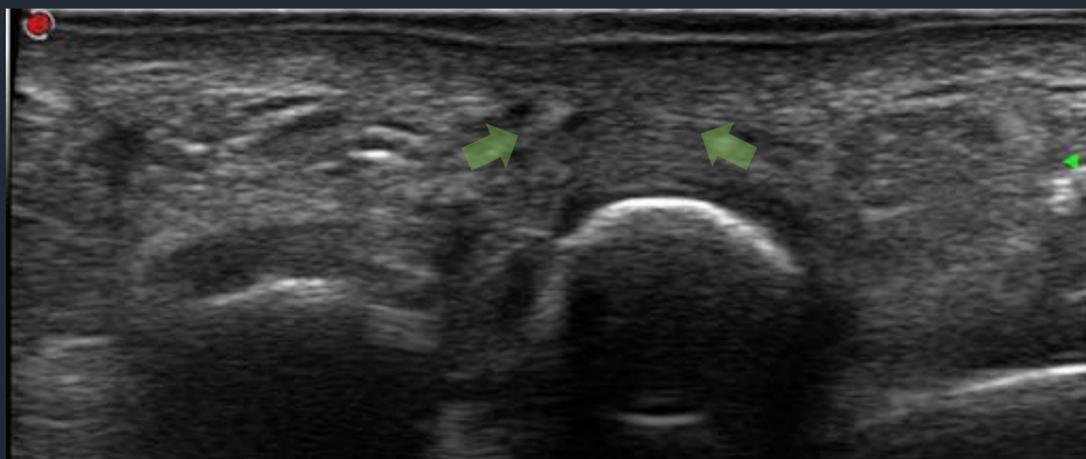
lugares donde el TCS sometido a presión ⇒ más frecuentes en 1º y 5º dedo (b), por alteraciones de la estática

Clínica: cursan con dolor al caminar

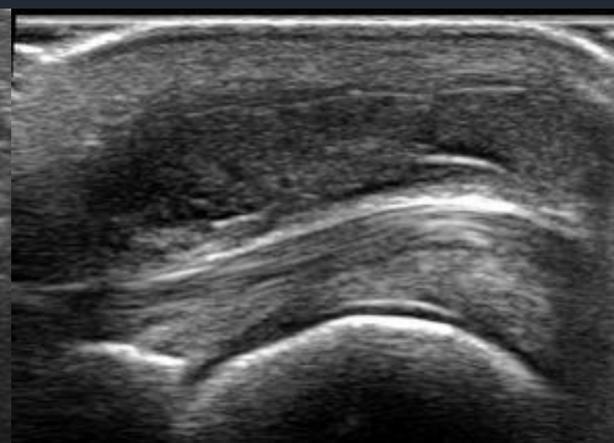
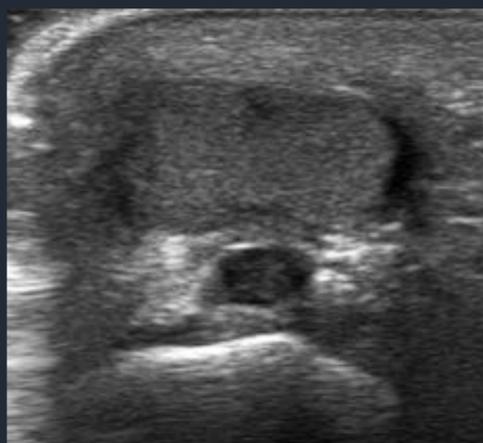
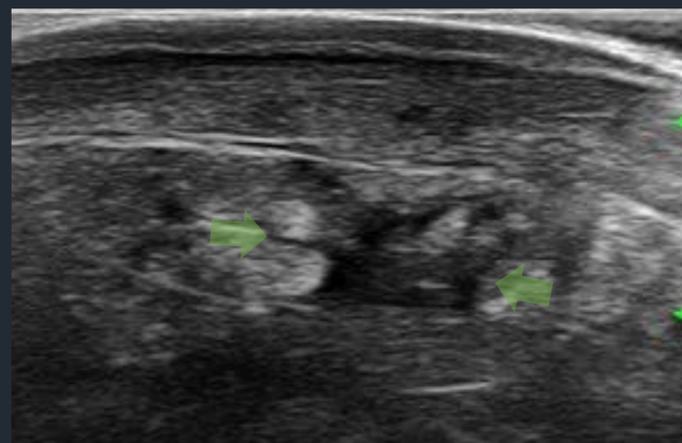
ECO: Áreas heterogéneas hipocóicas/ cavidades con contenido líquido y cambios inflamatorios circundantes (c)

ATROFIA DE ALMOHADILLA GRASA PLANTAR

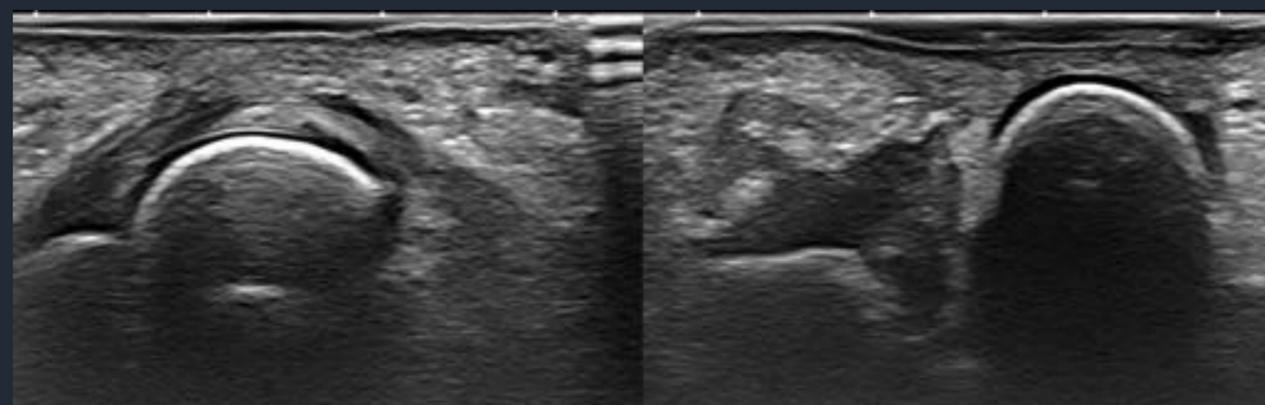
Ocurre en zonas de hiperapoyo o tratamientos esteroideos previos. No se ha demostrado correlación entre el grosor de la misma y el grado de metatarsalgia



Fibrosis submetatarsiana: área mal definida de ↓ de ecogenicidad de TCS, con grosor disminuido o conservado subyacente a cabeza y con hiperqueratosis superficial, doble línea epidérmica de engrosamiento con disminución gradual



Bursitis adventicial: en cuadros iniciales se observa como un área mal definida de contornos estrellados parcialmente colapsable en TCS que puede evolucionar a la formación de una verdadera cavidad con contenido líquido y cápsula periférica definida



Atrofia grasa: Eje largo y corto con abordaje plantar: práctica ausencia de almohadilla plantar con localización subdérmica de cabeza de 3º MTT. Amplia hiperqueratosis (doble flecha)

TUMORES

Los tumores palpables son causa frecuente de consulta ecográfica en el pie, percibidos de forma temprana independientemente de la clínica. En general, los tumores de partes blandas afectan a 3:1000 habitantes/año y el 99% son benignos.

La mayor parte de los tumores de partes blandas del pie son lesiones benignas o pseudotumores: gangliones, bursitis, granulomas a cuerpo extraño, fibromatosis plantar, sinovitis vellonodular y tumores de células gigantes. Sin embargo, los sarcomas pueden tener en ocasiones apariencias poco agresivas.

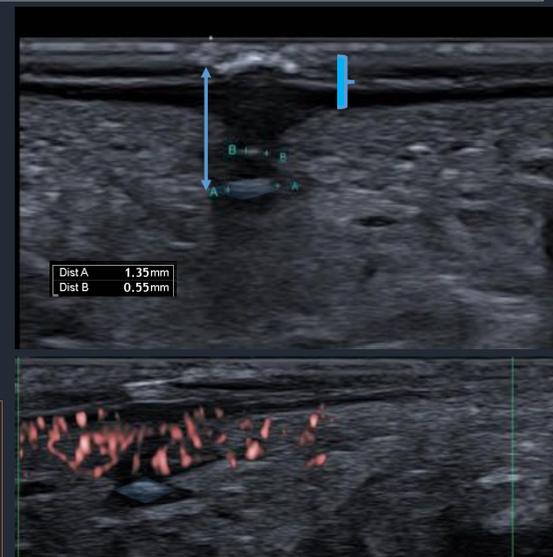
Las características ecográficas son las mismas que las que presentan en otras localizaciones por lo que en este apartado únicamente mostraremos algunas lesiones que consideramos que pueden plantear dilemas diagnósticos y sus peculiaridades en el pie.

CUERPO EXTRAÑO:

Los cuerpos extraños son frecuentes en la planta del pie debido a heridas penetrantes al andar descalzos.

☐ **ECO:** estructuras hiperecogénicas, generalmente lineales, que pueden cursar con artefacto de cometa o sombra posterior y con halo hipoeicoico circundante en cuadros subagudos. Además pueden cursar con cuadro inflamatorio severo, especialmente los de origen vegetal.

💡 **RECUERDA** la ecografía tiene una exquisita sensibilidad en la detección y permite valoración exacta de tamaño, localización y relación con estructuras anatómicas

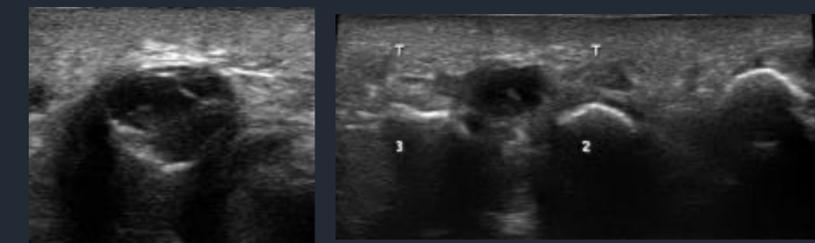


GANGLIÓN /QUISTE SINOVIAL

Es la lesión mas frecuente en pie y la tercera localización global en frecuencia: seno del tarso, > alrededor de la articulación de Lisfranc > 1ª MTF.

☐ **ECO:** masas anecoica o hipoeicoica, septos internos frecuentes, avasculares, no compresibles y con refuerzo acústico posterior. Pueden existir debris en interior.

💡 Es importante buscar el pedículo de comunicación con estructura articular o tendinosa, ya que en caso de tratamiento quirúrgico es necesaria su exéresis para evitar la recidiva.



Cuando dependen de los tendones flexores en los dedos se asocian a rotura de la PP

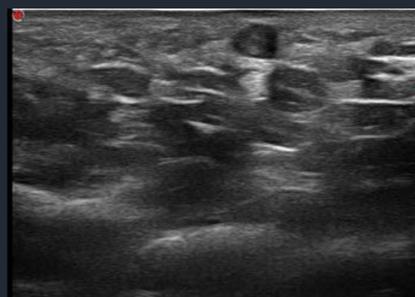
QUISTES DE INCLUSIÓN EPIDERMICA:

Lesión que contiene debris de queratina rodeado por una capsula de epitelio escamosos estratificado, probablemente debido a una implantación traumática de epidermis en estratos más profundos.

En el pie es más frecuente medial o subcapital al 1º MTT

☐ **ECO:** Tumores redondeados y ovals, en tejido celular subcutáneo subdérmico, bien circunscritos, hipoeicoicos, encapsulados, con refuerzo acústico posterior y bandas laterales. Pueden presentar un tracto de comunicación con epidermis

PD negativo pero frecuente artefacto y posibilidad de cambios inflamatorios por sobreinfección o rotura y reacción a cuerpo extraño secundaria



Quiste de inclusión en TCS plantar de características típicas y ausencia de señal PD

TUMORES

ANOMALIAS VASCULARES

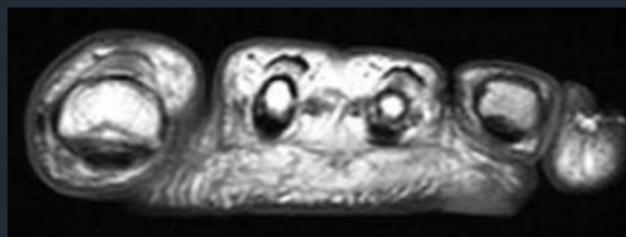
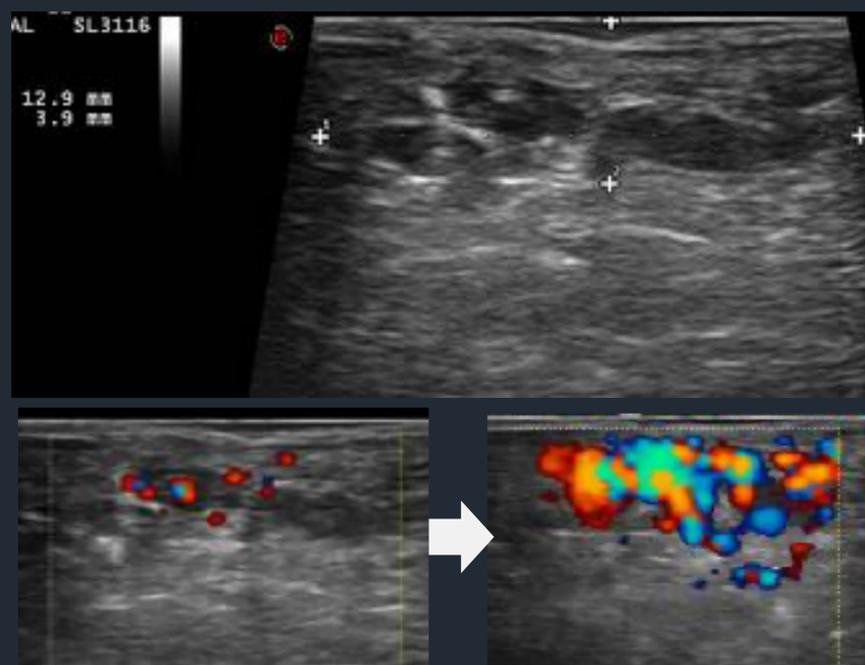
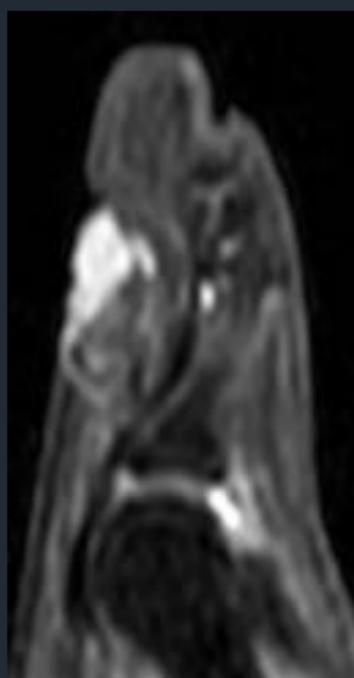
Malformaciones vasculares (MAV) : son lesiones derivadas de errores de la morfogénesis y no tumores verdaderos, están presentes desde el nacimiento. Se clasifican según en función del vaso implicado o del flujo y son las lesiones más frecuentes en las extremidades.

□ ECO:

la mayor parte se observan como un NIDO de estructuras tubulares o espacios lacunares anecoicos , sin límites precisos y que característicamente pueden afectar a diferentes planos anatómicos, siendo típica la extensión desde la piel a planos más profundos incluyendo el hueso . El estudio con Doppler energía puede demostrar diferentes espectros y es típica la respuesta "flash " (↑ señal vascular) tras la compresión con el transductor.



Caso 1



Caso 1: M66 A. foto clínica: nódulo blando violáceo en base de 4 dedo doloroso al caminar. ECO: estructuras serpiginosas hipocóicas sin masa definida de distribución en dermis y TCS . PD escasa vascularización y respuesta flash a la presión con transductor

HIPERPLASIA ENDOTELIAL PAPILAR INTRAVASCULAR/ TUMOR SE MASSON

Lesión vascular reactiva benigna con proliferación del endotelio de una luz vascular donde existe un trombo organizado. 2-4% de lesiones vasculares.

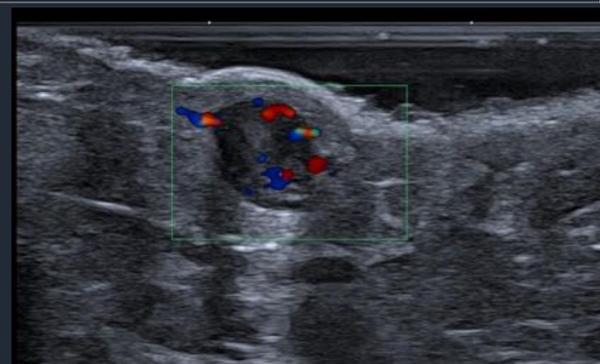
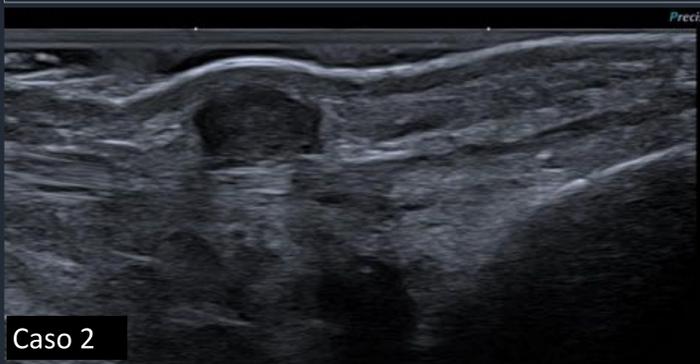
Predominio femenino, 3ª-4ª década de la vida.

Nódulo palpable de pequeño tamaño, a veces violáceo, generalmente localizado en piel Y TCS .

En EEII predomina en dedos, especialmente en manos y puede ser doloroso

□ ECO:

Indeterminado, generalmente nódulo hipocóico bien definido, de vascularización variable pero significativa , relativamente blando elastográficamente. Puede observarse en el interior de una luz vascular. Plantea diagnóstico diferencial con tumores vasculares



Caso 2

Caso 2: M 55 A, nódulo violáceo doloroso en dorso de 2 dedo de 6 meses de evolución. Masa hipocóica redondeada bien definida con vascularización periférica sin respuesta flash a la presión, en TCS superficial a extensor (asteriscos).

CLAVES PARA LLEVAR A CASA

- La metatarsalgia es una causa muy frecuente de consulta médica, la etiología es variada y la clínica muchas veces no concluyente, además, en la última década se han desarrollado nuevas técnicas quirúrgicas especialmente orientadas a restablecer la función de los sistemas estabilizadores de las MTFs, fundamentalmente la PP, por lo que las técnicas de imagen tienen un papel fundamental para la obtención de un diagnóstico específico.
- La literatura demuestra que la ecografía es una técnica fiable para distinguir el origen de “la china del zapato”; especialmente en la diferenciación entre las dos causas más comunes de metatarsalgia, la lesión de la PP, en 2º EIM mayormente y el NM en el 3º EIM.
- La exploración debe ser sistematizada y meticulosa, tanto en el estudio morfológico, como dinámico con abordaje dorsal y plantar. El uso del Doppler color/energía puede aportar información en el DD entre NM y PN.
- El conocimiento de las maniobras dinámicas y su práctica conlleva un incremento significativo de nuestra confianza diagnóstica, especialmente en éstas patologías más frecuentes. La maniobra de Mulder, la compresión digital del EIM, la flexoextensión de los dedos y el cajón dorsal son imprescindibles en una evaluación completa.
- Dada que la causa fundamental en muchas de estas entidades es la sobrecarga de los metatarsianos centrales; no es infrecuente la coincidencia de dos patologías en EIM diferentes o incluso en el mismo, ni la existencia de hallazgos patológicos no sintomáticos. La ecografía permite reproducir la clínica y facilita, por tanto, el correcto manejo del paciente.
- La ecografía es, también, la técnica de elección en la valoración de las artropatías inflamatorias, posibilitando además el estudio de otras articulaciones de la anatomía en el mismo procedimiento, lo que permite aproximarse al diagnóstico específico.
- Los “bultomas” del antepie son en su mayoría pseudotumores o tumores benignos, las bursas adventicias son muy frecuentes y junto con las fibrosis pueden tener apariencia sólida.
- Es importante prestar atención a la grasa plantar subcapital, ya que lesiones propias de la misma pueden ser el origen de la clínica.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Albtoush, Omar M; Xenitidis, Theodoros; Horger, Marius. Intermetatarsal bursitis as first disease manifestation in different rheumatological disorders and related MR-imaging findings. *Rheumatology International*. 2019; 39(12): 2129-2136
- Bergeron MC, Ferland J, Malay S, Lewis SE, Burkmar J, Giovinco NA. Use of Metatarsophalangeal Joint Dorsal Subluxation in the Diagnosis of Plantar Plate Rupture. *The Journal of Foot & Ankle Surgery* 58 (2019) 2733.
- Bignotti, Bianca; Signori, Alessio; Sormani, Maria Pia; Molfetta, Luigi; Martinoli, Carlo; Tagliafico, Alberto. Ultrasound versus magnetic resonance imaging for Morton neuroma: systematic review and meta-analysis. *EUROPEAN RADIOLOGY* 2015;25 (8):2254-2262
- Charen, Daniel A; Markowitz, Jonathan S; Cheung, Zoe B; Matijakovich, Douglas J; Chan, Jimmy J; Vulcano, Ettore Overview of Metatarsalgia. *Orthopedics* 2019; 42(1) 138-143
- Cohen SL, Miller TT, Ellis SJ, Roberts MM, DiCarlo EF. Sonography of Morton Neuromas: What Are We Really Looking At?. *J Ultrasound Med*. 2016 Oct;35(10):2191-5
- Di Caprio, Francesco; Meringolo, Renato; Shehab Eddine, Marwan; Ponziani, Lorenzo. Morton's interdigital neuroma of the foot: A literature review. *Foot and Ankle Surgery*. 2018;24(2):92-98
- Donegan RJ, Stauffer A, Heaslet M, Poliskie M. Comparing Magnetic Resonance Imaging and High-Resolution Dynamic Ultrasonography for Diagnosis of Plantar Plate Pathology: A Case Series. *J Foot Ankle Surg* 2017;56(2):371-374
- Lopez V, Slullitel G. Metatarsalgia. Assessment Algorithm and Decision Making. *Foot Ankle Clin N Am* 24 (2019) 561-569
- Feuerstein CA, Weil L Jr, Weil LS Sr, Klein EE, Fleischer A, Argerakis NG. Static versus dynamic musculoskeletal ultrasound for detection of plantar plate pathology. *Foot Ankle Spec* 2014;7(4):259-265
- Finney FT, Cata E, Holmes JR. Anatomy and physiology of the lesser metatarsophalangeal joints *Foot Ankle Clin* 2018;23(1):1-7.
- Ganguly A, Warner J, Aniq H. Central Metatarsalgia and Walking on Pebbles: Beyond Morton Neuroma. *AJR Am J Roentgenol* 2018 ;210(4):821-833
- Gregg JM, Schneider T, Marks P. MR imaging and ultrasound of metatarsalgia—the lesser metatarsals. *Radiol Clin N Am*. 2008;46:1061-78.
- Gregg JM, Silberstein M, Schneider T, Kerr JB, Marks P. Sonography of plantar plates in cadavers: correlation with MRI and histology. *AJR* 2006;186(4):948-55
- James T. P. D. Hallinan, Sheronda M. Statum, Brady K. Huang, Higor Grando Bezerra, Diego A.L. Garcia, Graeme M. Bydder, Christine B. Chung. High-Resolution MRI of the First Metatarsophalangeal Joint: Gross Anatomy and Injury Characterization. *RadioGraphics* 2020; 40:0000-0000
- Hodes A, Umans H. Metatarsalgia. *Radiol Clin North Am* 2018 Nov;56(6):877-892.
- Hsu RY, Barg A, Nickisch F. Lesser metatarsophalangeal joint instability: advancements in plantar plate reconstruction. *Foot Ankle Clin N Am*. 2018;23:127-43.
- Hulstaert, Tine; Shahabpour, Maryam; Provyn, Steven; Lenchik, Leon; Simons, Philip; Vanheste, Ruben; De Maeseneer, Michel. Forefoot Pain in the Lesser Toes: Anatomical Considerations and Magnetic Resonance Imaging Findings. *Canadian Association Of Radiologists Journal* 2019;70: 408-415
- Klein EE, Weil L Jr, Weil LS Sr, Knight J. Musculoskeletal ultrasound for preoperative imaging of the plantar plate: a prospective analysis. *Foot Ankle Spec*. 2013;6(3):196-200.
- Lee, Kenneth S. Musculoskeletal ultrasound: how to evaluate for Morton's neuroma. *AJR*
- Linklater J, Bird S. Imaging of lesser metatarsophalangeal joint plantar plate degeneration, tear, and repair. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2016;20:192-204
- Lopez, Valeria; Slullitel, Gastón Metatarsalgia: Assessment Algorithm and Decision Making.. *Foot and Ankle Clinics* 2019;24 (4) 561-569
- Maas NM, van der Grinten M, Bramer WM, Kleinrensink GJ. Metatarsophalangeal joint stability: a systematic review on the plantar plate of the lesser toes. *J Foot Ankle Res* 2016 Aug 19;9:32.
- Maceira, Ernesto; Monteagudo, Manue. Mechanical Basis of Metatarsalgia. *Foot and Ankle Clinics* 2019;24(4):571-584
- McCarthy CL, Thompson GV. Ultrasound findings of plantar plate tears of the lesser metatarsophalangeal joints. *Skeletal Radiology*. Published on line: 10 January 2021
- Naoki M, Oluwadamilola T, Wei-Lien W, Behrang A. Bone and Soft Tissue Tumors About the Foot and Ankle. *Radiol Clin N Am* 2018; 57: 917-934
- Nouh MR, Khalil AA, Forefoot: a basic integrated imaging perspective for radiologists, *Clin Imaging* (2014);38:397-409
- Park, Young Hwan; Choi, Won Seok; Choi, Gi Won; Kim, Hak Jun. Intra- and Interobserver Reliability of Size Measurement of Morton Neuromas on Sonography. *Journal Of Ultrasound In Medicine*. 2019; 38(9):2341-2345
- Raouf T, Rogero R; McDonald E, Fuchs D, Shakked R, Winters B; Daniel J, Pedowitz D, Raikin s. Value of Preoperative Imaging and Intraoperative Histopathology in Morton's Neuroma. *Foot and Ankle International*. 2019; 40 (9):1032-1036
- Sconfienza, Luca Maria; Albano, Domenico; Allen, Georgina; Bazzocchi, Alberto; Bignotti, Bianca; Chianca, Vito; Facal de Castro, Fernando; Drakonaki, Elena E; Gallardo, Elena; Gielen, Jan; Klauser, Andrea Sabine; Martinoli, Carlo; Mauri, Giovanni; McNally, Eugene; Messina, Carmelo; Mirón Mombiola, Rebeca; Orlandi, Davide; Plagou, Athena; Posadzy, Magdalena; de la Puente, Rosa; Reijnierse, Monique; Rossi, Federica; Rutkauskas, Saulius; Snoj, Ziga; Vucetic, Jelena; Wilson, David; Tagliafico, Alberto Stefano. Clinical indications for musculoskeletal ultrasound updated in 2017 by European Society of Musculoskeletal Radiology (ESSR) consensus. *EUROPEAN RADIOLOGY* 2018;28(12):5338-5351
- Singer, Adam D; Datir, Abhijit; Tresley, Jonathan; Langley, Travis; Clifford, Paul D; Jose, Jean; Subhawong, Ty K. Benign and malignant tumors of the foot and ankle. *Skeletal Radiology* 2016; 45: 287-235.
- Stone M, Eyler W, Rhodenizer J, van Holsbeeck M. Accuracy of sonography in plantar plate tears in cadavers. *J Ultrasound Med*. 2017;36(7):1355-61.
- Studler U, Mengiardi B, Bode B, Schöttle P, Pfirrmann C, Hodler J, Zanetti M. Fibrosis and adventitious bursae in plantar fat pad of forefoot: MR imaging findings in asymptomatic volunteers and MR imaging-histologic comparison. *Radiology* 2008;246 : 863-870
- Umans H, Srinivasan R, Elsinger E, Wilde G. MRI of lesser metatarsophalangeal joint plantar plate tears and associated adjacent interspace lesions. *Skelet Radiol*. 2014;43(10):1361-8
- Welck M, Al-Khudairi N. Imaging of Hallux Valgus: How to Approach the Deformity. *Foot and Ankle Clinics* 2018; 23 (2) 183-192.
- Xu Z, Duan X, Yu X, Wang H, Dong X, Xiang Z. The accuracy of ultrasonography and magnetic resonance imaging for the diagnosis of Morton's neuroma: a systematic review. *Clin Radiol* 2015;70(4):351-8.