

ANATOMÍA DEL TOBILLO Y DEL PIE CON LAS NUEVAS TÉCNICAS DE IMAGEN: ECOGRAFÍA DE ALTA FRECUENCIA Y ECO-DOPPLER, TC MULTICORTE Y RESONANCIA MAGNÉTICA

Dres. **Á. Bueno Horcajadas⁽¹⁾, J. Martel Villagrán⁽¹⁾, C. Aulló González⁽¹⁾, E. Ortiz Cruz⁽²⁾**

(1)Servicio de Diagnóstico por Imagen. (2)Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica. Fundación Hospital de Alcorcón.

El conocimiento de la anatomía prequirúrgica del pie y del tobillo es condición previa necesaria para la identificación, diagnóstico diferencial y evaluación de lesiones en estos complejos compartimientos, así como para definir la actitud terapéutica y establecer el pronóstico. Las nuevas técnicas de imagen y sus perfeccionamientos recientes constituyen herramientas valiosísimas en este contexto. Se revisan y correlacionan brevemente las posibilidades de las distintas técnicas, resaltando, a la luz de algunos ejemplos prácticos, el papel que a cada una de ellas corresponde en el manejo de la patología osteomuscular del pie.

PALABRAS CLAVE: Tobillo. Pie. Anatomía. Ecografía. Ecografía Doppler. Tomografía computada. Resonancia magnética.

ANATOMY OF THE ANKLE AND FOOT WITH THE NEW IMAGING TECHNIQUES: HIGH-FREQUENCY ULTRASONOGRAPHY AND DOPPLER ULTRASONOGRAPHY, MULTI-PLANE CT SCAN AND MAGNETIC RESONANCE:

The knowledge of the pre-surgical anatomy of the ankle and foot is an obvious prerequisite for the identification, differential diagnosis and assessment of lesions in these complex compartments, as well as for defining the therapeutic approach and establishing a prognosis. The new imaging techniques and their more recent improvements represent highly valuable tools in this context. The possibilities of the various techniques are briefly reviewed and correlated, and the role each of them may fulfil in the management of osteomuscular conditions of the ankle and foot is highlighted through selected practical examples.

KEY WORDS: Ankle. Foot. Anatomy. Ultrasonography. Doppler ultrasonography. Computerised tomography. Magnetic resonance.

En el tobillo y el pie, las diferentes estructuras anatómicas se encuentran compactadas, sometidas y contenidas por el zapato. Las barreras a la extensión tumoral son más débiles que en otras localizaciones, como los compartimientos anatómicos de la pierna o el brazo⁽¹⁾. Además, el tobillo y el pie suponen la base de sustentación del cuerpo y, por tanto, el soporte de la carga del mismo y la base de la deambulación, lo que le confiere unas características y repercusión especiales. Por un lado, en el desarrollo y evolución de las lesiones: sintomatología dolorosa precoz, con modificación de la estática por respuestas antiálgicas y actitudes viciadas, que conducen a deformidades o lesiones secundarias. Por otro lado, el tratamiento ortopédico de los procesos nosológicos en esta localización ha de tener muy presente su repercusión funcional⁽¹⁾.

Correspondencia:

Á. Bueno Horcajadas
 abuenohorcajadas@fhalcorcon.es

Resulta fundamental el conocimiento del detalle anatómico prequirúrgico con las distintas técnicas, como punto de partida en la valoración por imagen de la lesión (localización, tamaño, contornos, vascularización, necrosis, etc.), y de sus relaciones con estructuras vecinas (patrón de crecimiento, desplazamiento, infiltración, etc.), que nos permite acotar el diagnóstico diferencial, definir una actitud terapéutica y establecer un pronóstico.

La **radiología convencional** (Rx) sigue proporcionando una elevada eficiencia para el análisis global de las estructuras óseas del tobillo y pie, con muy buena resolución espacial en el hueso. Sin embargo, su escasa resolución de contraste de tejidos blandos constituye su punto débil, siendo incapaz de proporcionar un adecuado análisis de sus numerosos componentes (musculares, aponeuróticos, ligamentosos, tendinosos y vasculares).

El empleo de los **ultrasonidos** (US) en la patología musculoesquelética se inició con cierto escepticismo, ya que

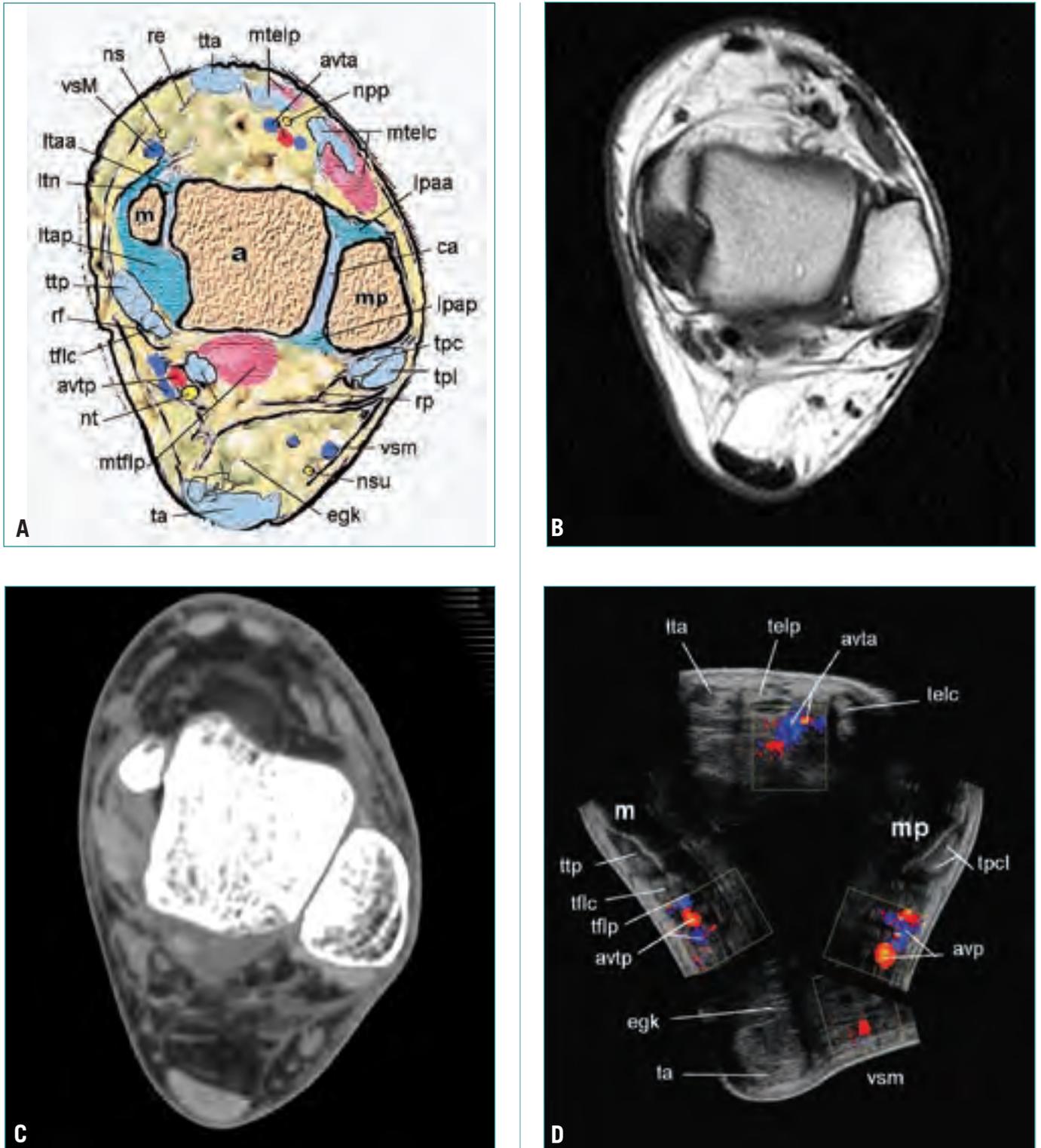


Figura 1. Plano axial del tobillo a la altura de la cúpula astragalina. A: Esquema. B: Imagen RM axial espín eco (SE) T1. C: Imagen TC axial. D: Composición con distintos planos de ecografía Doppler color.

Figure 1. Transverse axial section of the ankle at the level of the talar dome. A: schematic representation (for abbreviations, see text); B: axial T1-weighted Echo-Spin (ES) MR image; C: axial CT scan image; D: composite image with various colour-Doppler ultrasound sections.

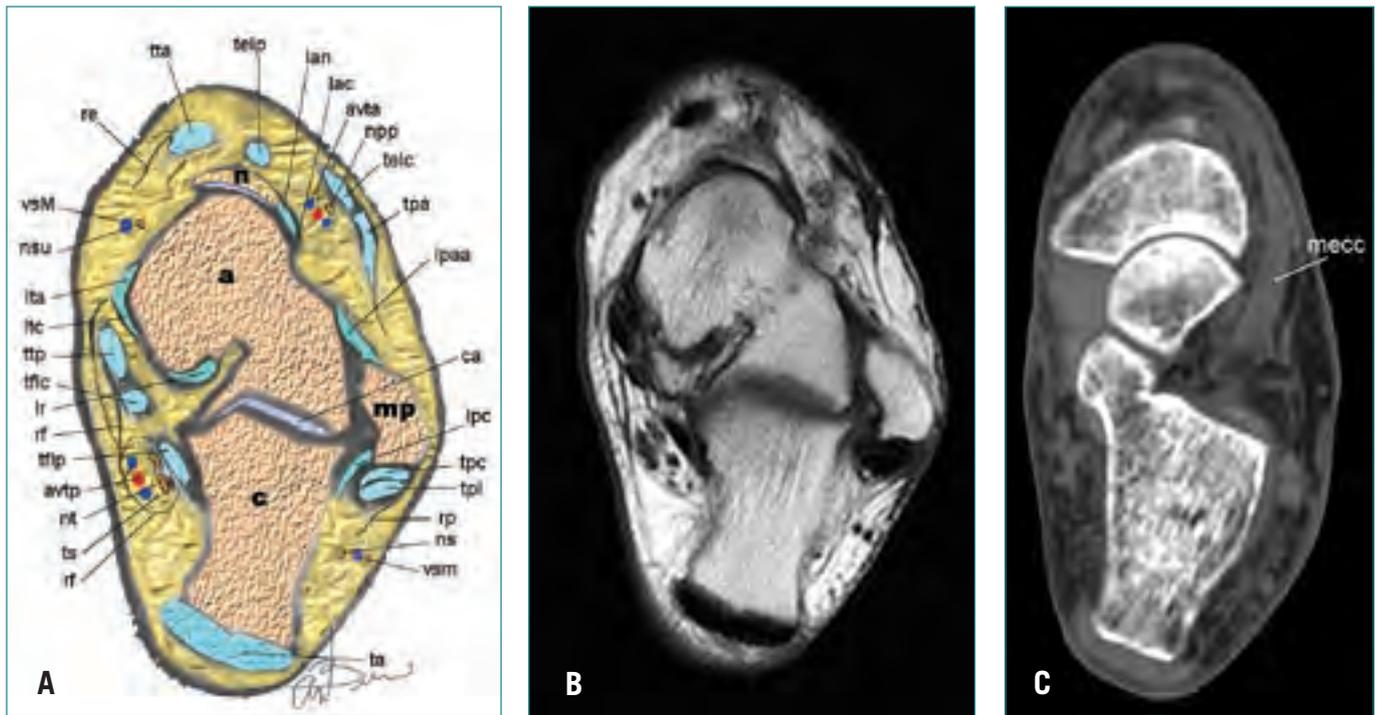


Figura 2. Plano axial del tobillo a la altura del cuello astragalino. **A:** Esquema. **B:** Imagen RM axial SE T1. **C:** Imagen TC axial por la articulación astrágalo navicular.

Figure 2. Transverse section of the ankle at the level of the talar neck. **A:** schematic representation; **B:** axial T1-weighted ES-MR image; **C:** axial CT scan image at the level of the talo-navicular joint plane.

es una exploración compleja y de difícil realización que requiere, junto a un concienzudo entrenamiento, un buen conocimiento de la patología osteoarticular. En estos últimos años, la experiencia acumulada por los radiólogos, el notable perfeccionamiento de los ecógrafos y la excelente resolución espacial que ofrecen, gracias al desarrollo de sondas de alta frecuencia, la han consolidado como una técnica cada vez más útil en este campo⁽⁷⁻¹⁰⁾. Dispone, además, de la ventaja del contacto directo con el paciente, permitiendo al médico una exploración clínica simultánea, con especial relevancia de la palpación. Asimismo, es susceptible de realizar estudio dinámico, con movimientos pasivos o activos del pie, y estudio comparativo con el lado contralateral. Cabe destacar, por otro lado, el gran valor del estudio Doppler en sus distintas modalidades (color, power Doppler o Doppler energía y pulsado), que puede aportar información fundamental en el diagnóstico y manejo del paciente. Constituye finalmente una guía rápida y segura para la realización de punciones diagnósticas y terapéuticas⁽¹¹⁾, y su relación coste-beneficio es óptima. Constituye, por tanto, especialmente en el pie por lo superficial y lo compacto de su anatomía, el primer escalón (en ocasiones suficiente) cuando se requiere discriminar tejidos blandos.

LEYENDA DE FIGURAS

a astrágalo, **ap** aponeurosis plantar, **avp** arteria y vena peroneas, **avpl** arteria y vena plantar lateral, **avpm** arteria y vena plantar medial, **avta** arteria y vena tibial anterior, **avtp** arteria y vena tibial posterior, **c** calcáneo, **ca** cartilago articular, **cu** cuña, **egk** espacio graso de Kagger, **lac** ligamento astrágalo calcáneo, **lan** ligamento astrágalo navicular, **lio** ligamento interóseo, **lpaa** ligamento peroneo astragalino anterior, **lpap** ligamento peroneo astragalino posterior, **lpc** ligamento peroneo calcáneo, **lpl** ligamento plantar largo, **lr** ligamento en resorte, **ltaa** ligamento tibio astragalino anterior, **ltap** ligamento tibio astragalino posterior, **ltc** ligamento tibio calcáneo, **ltm** ligamento tibio navicular, **m** maléolo tibial, **map** músculo abductor del primer dedo, **maq** músculo abductor del quinto dedo, **mcp** músculo cuadrado plantar, **mecc** músculo extensor corto común de los dedos, **mfcc** músculo flexor corto común de los dedos, **mp** maléolo peroneo, **mtelc** músculo y tendón extensor largo común de los dedos, **mtelp** músculo y tendón extensor largo del primer dedo, **mtflp** músculo y tendón flexor largo del primer dedo, **npp** nervio peroneo profundo, **n** navicular o escafoides tarsiano, **npl** nervio plantar lateral, **npm** nervio plantar medial, **ns** nervio safeno, **nsu** nervio sural, **nt** nervio tibial, **re** retináculo extensor, **rf** retináculo flexor, **rp** retináculo peroneo, **st** seno tarsiano, **ta** tendón de Aquiles, **telc** tendón extensor largo común de los dedos, **telp** tendón extensor largo del primer dedo, **tflc** tendón flexor largo común de los dedos, **tpa** tendón peroneo anterior, **tpc** tendón peroneo corto, **tpl** tendones peroneos corto y largo, **tpl** tendón peroneo largo, **tt** túnel tarsiano, **tta** tendón tibial anterior, **ttp** tendón tibial posterior, **vsM** vena safena mayor, **vsm** vena safena menor

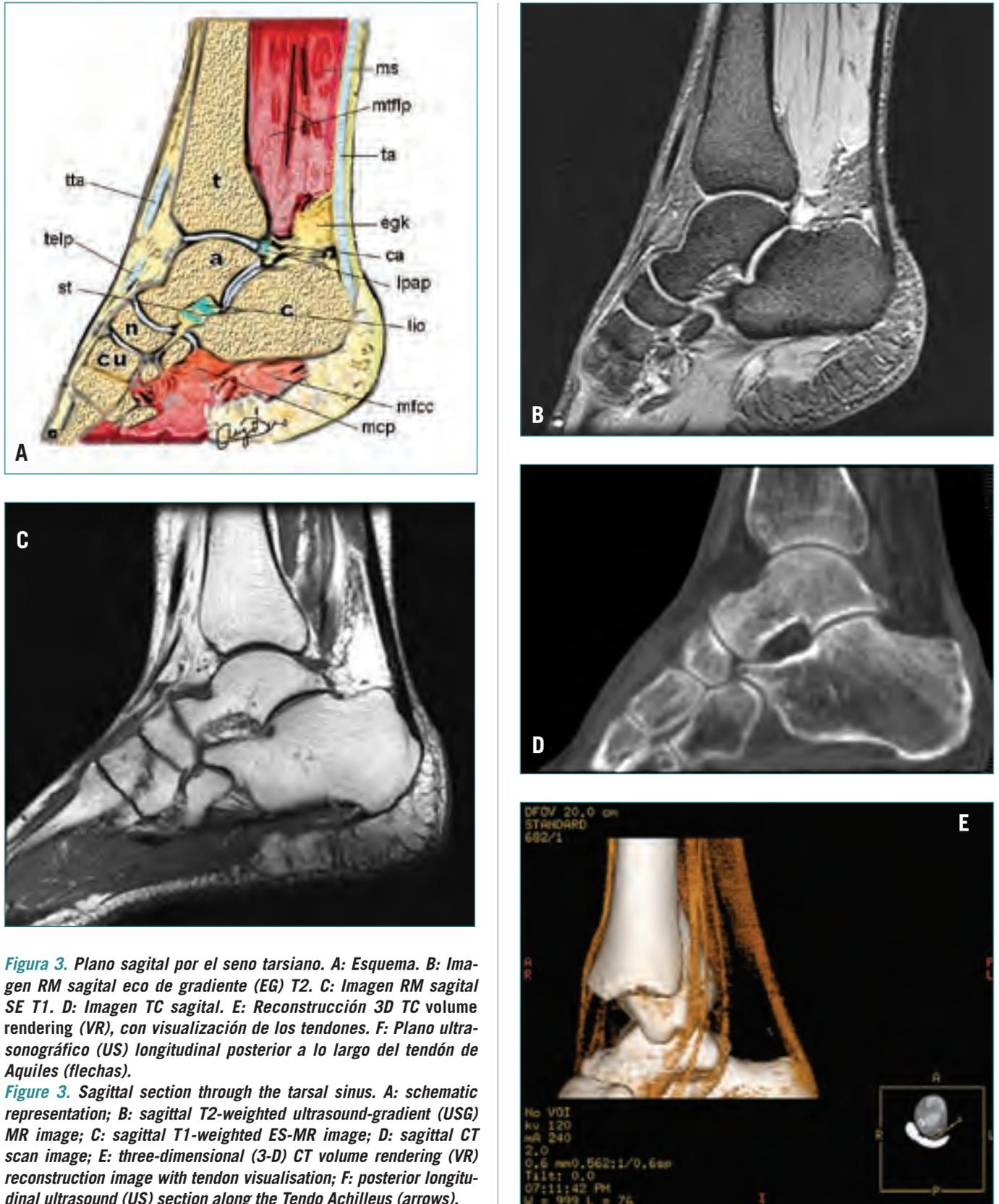


Figura 3. Plano sagital por el seno tarsiano. A: Esquema. B: Imagen RM sagital eco de gradiente (EG) T2. C: Imagen RM sagital SE T1. D: Imagen TC sagital. E: Reconstrucción 3D TC volume rendering (VR), con visualización de los tendones. F: Plano ultrasonográfico (US) longitudinal posterior a lo largo del tendón de Aquiles (flechas).

Figure 3. Sagittal section through the tarsal sinus. A: schematic representation; B: sagittal T2-weighted ultrasound-gradient (USG) MR image; C: sagittal T1-weighted ES-MR image; D: sagittal CT scan image; E: three-dimensional (3-D) CT volume rendering (VR) reconstruction image with tendon visualisation; F: posterior longitudinal ultrasound (US) section along the Tendo Achilleus (arrows).



La **tomografía computada** también se instaló como una herramienta de uso corriente en la valoración de la patología osteoarticular. Desarrolla un papel primordial en el análisis del hueso, ya que es la técnica más sensible en la valoración de la cortical y en el detalle de la trabecular ósea en las distintas patologías (anomalías anatómicas, tumores, con especial atención a la mineralización de la matriz tumoral, o fracturas). Resulta también de gran utilidad en el seguimiento de osteosíntesis con material metálico en los que la RM no es valorable por los marcados artefactos que producen.

El desarrollo e implantación de los equipos de última generación, con tecnología multicorte, ha permitido que su uso se incremente aún más, ya que es posible, con una sola adquisición, la valoración de las partes blandas y la realización, al igual que la RM, de estudios multiplanares. Finalmente, las mejoras del *software* con innovadores y prácticos modelos de reconstrucción 3D, como el denominado *volume rendering* (VR), constituye una realidad sorprendente ya en nuestros días⁽⁶⁾.

La **resonancia magnética** (RM) supuso un verdadero hito en el diagnóstico por imagen de la patología del sistema músculo esquelético, gracias a su excelente resolución en contraste de tejidos blandos. Esta cualidad, junto a la posibilidad de obtener imágenes en cualquier plano del espacio, le permite una fiel representación anatómica de los tejidos, con alta sensibilidad en la detección de patología, como demuestran los trabajos de distintos autores⁽²⁻⁵⁾. Carece ade-

más de efectos biológicos indeseables derivados del uso de radiaciones ionizantes. Sin duda, su principal inconveniente es su menor disponibilidad y mayor coste.

Una descripción exhaustiva de la anatomía del tobillo y pie, en sus diferentes planos de disección y correlación con la imagen supera con mucho el ámbito de este trabajo. Excelentes atlas de correlación anatómica cubren esta expectativa. El objetivo que pretendemos cubrir ahora es correlacionar las distintas técnicas de imagen, a partir de una somera aunque didáctica descripción anatómica, enfatizando el papel que juega cada una de ellas en el manejo de la patología osteomuscular del pie, mediante algunos ejemplos.

EL TOBILLO

En la porción distal de la pierna se pueden distinguir tres compartimentos: anterior, lateral y posterior^(2,12) (**Figuras 1-4**).

- **Compartimento anterior:** Distinguimos un grupo muscular y un paquete neurovascular. El primero comprende, de medial a lateral y envueltos en el retináculo extensor superior e inferior, el tendón tibial anterior, el músculo y tendón extensor largo del primer dedo, el tendón extensor largo de los dedos y el músculo peroneo anterior o tercer peroneo. Profundo a los extensores discurren los vasos tibiales anteriores y el nervio peroneo profundo.

Presentamos un ejemplo de un angioleiomioma en esta localización, con un comportamiento eco-Doppler característico de este tumor, cuyo diagnóstico por imagen ha sido muy poco descrito en la literatura^(13,14) (**Figura 5**).

- **Compartimento lateral:** Comprende el músculo y tendón peroneo corto y el tendón peroneo largo, rodeados por el retináculo peroneo superior e inferior. Ocasionalmente puede existir un músculo y tendón peroneo accesorio, el peroneo posterior o cuarto peroneo, situado posteromedial al peroneo corto; y que no debe confundirse con una tumoración real⁽¹⁵⁾. Tampoco debe confundirse la variante anatómica consistente en una prolongación caudal del músculo peroneo corto. Respecto al paquete neurovascular, distinguimos los vasos peroneos y el nervio peroneo superficial.

Un buen ejemplo del valor del estudio dinámico de la ecografía es el de la luxación –subluxación en estrés de los tendones peroneos respecto del maléolo, secundaria a lesión de su retináculo (**Figura 6**).

- **Compartimento posterior:** El compartimento muscular posterior superficial de la pierna se resume en el tobillo en el tendón de Aquiles y el tendón plantar. El primero agrupa el tendón distal de los gastronemios y el del sóleo, configurando un poderoso tendón, que carece de vaina sinovial. En íntima relación con su margen anteromedial discurre el tendón plantar. Esta relación anatómica propicia una confusión frecuente: una rotura completa del tendón de Aquiles se malinterpreta como parcial al confundir el tendón plantar con pequeña porción del tendón de Aquiles.

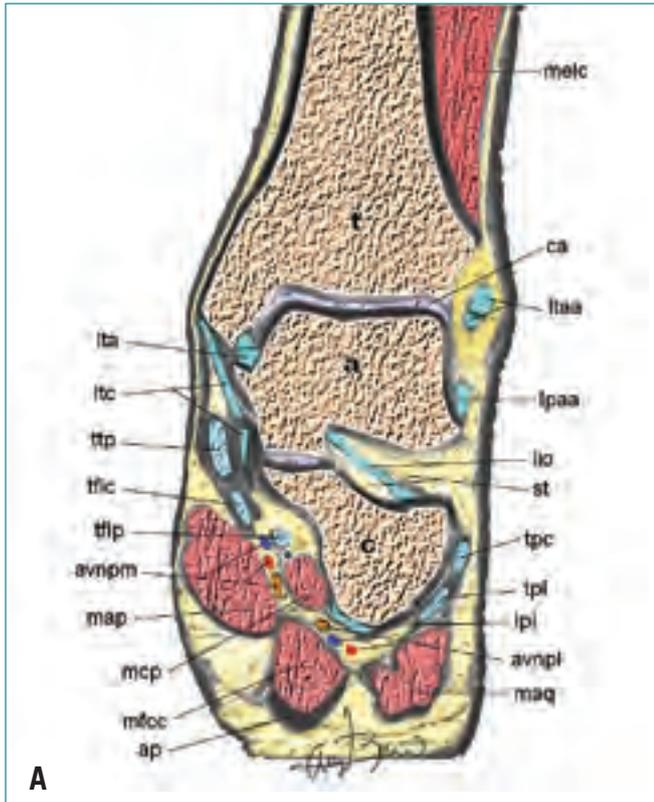


Figura 4. Plano coronal por el seno tarsiano. A: Esquema. B: Imagen RM coronal SE T1. C: Imagen RM coronal con secuencia de inversión recuperación (STIR). D: Imagen TC coronal.
Figure 4. Coronal section through the tarsal sinus. A: schematic representation; B: coronal T21-weighted ES-MR image; C: coronal MR image with inversion-recuperation sequence (STIR); D: coronal CT scan image.

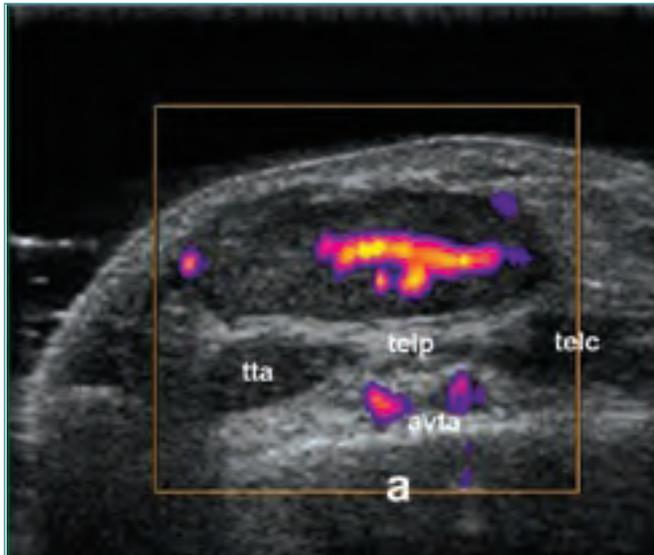


Figura 5. Angioleiomioma. Imagen axial eco-Doppler energía por el margen anterior del tobillo. Tumoración sólida ovalada homogénea y bien definida, con vaso de alto flujo en su interior.

Figure 5. Angioleiomyoma. Axial Doppler-ultrasound energy image through the anterior margin of the ankle. Solid, homogeneous, oval-shaped and well-defined growth containing a high-flow vessel.

les preservado. En manos experimentadas, otra vez los US (además de la RM) pueden visualizarlo claramente (**Figura 7**). Profundo al tendón de Aquiles nos encontramos, por orden: la bursa retrocalcánea, el espacio grasa de Kager, la fascia transversal profunda y el retináculo flexor, donde se disponen, de anteromedial a posterolateral, el tendón tibial posterior, el tendón flexor largo de los dedos y el músculo y tendón del flexor largo del primer dedo. El primero se dirige anterior e inferiormente para insertarse en el margen inferomedial del escafoides y, posteriormente, mediante extensa prolongación tendinosa, al margen plantar del cuboides y cuñas. Ocasionalmente existe como variante anatómica un músculo sóleo accesorio que discurre por el espacio grasa de Kager, que no debe confundirse con patología. Especial interés tiene el componente neurovascular de este compartimento, que discurre entre los tendones flexores mencionados y comprende los vasos tibiales posteriores y el nervio tibial, el mayor de los nervios del tobillo-pie. Este nervio discurre y se divide en un túnel fibro-óseo con especial trascendencia funcional, el túnel tarsiano (**Figura 2**), del que hablaremos posteriormente.

• **Articulación tibioperoneoastragalina:** Se trata de una tróclea entre el conjunto funcional tibioperoneo distal con sus tres maléolos; y la cúpula astragalina, con extensión de la inserción capsular hasta el cuello astragalino. Al constituirse como articulación de carga por excelencia, el mecanismo de refuerzo ligamentoso de dicha cápsula adquiere especial relevancia clínica y comprende dos complejos ligamentosos diferenciados:

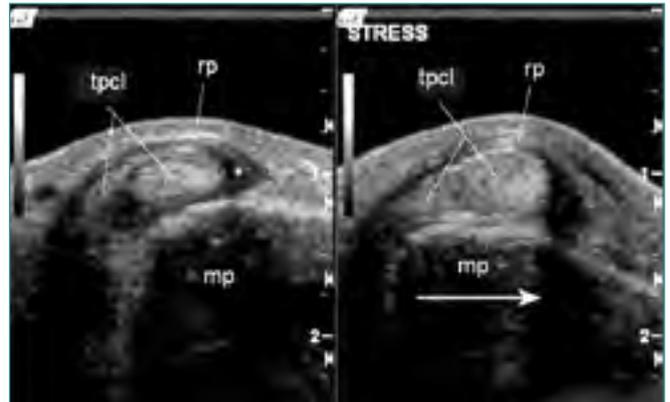


Figura 6. Luxación de tendones peroneos. Imagen US transversal a través del retináculo peroneo (rp) en situación normal y en estrés, que muestra subluxación anterior de los tendones; y pequeña cantidad de líquido en la vaina (*).

Figure 6. Peroneal tendon luxation. Transverse US section through the peroneal retinaculum (rp) in normal situation and under stress, showing anterior subluxation of the tendons and a small amount of fluid in the tendon sheath (*).



Figura 7. Rotura completa del tendón de Aquiles. Imagen US longitudinal posterior. Completa solución de continuidad (flecha) de un tendón de Aquiles (ta), engrosado (retraído y con tendinitis crónica). Puede apreciarse el tendón plantar íntegro en la profundidad (tp).

Figure 7. Complete rupture of the Tendo Achilleus. Posterior longitudinal US image. Complete breakage (arrow) of one Tendo Achilleus (ta), which is thickened, retracted and shows signs of chronic tendinitis. The undamaged M. plantaris tendon (tp) may be seen as a deep structure.

Ligamento deltoideo o colateral interno: Consta de un grupo superficial y otro profundo. El ligamento más robusto del primer grupo es el tibioalcáneo. Los ligamentos tibioescafoideo y tibioastragalino superficial son los otros dos componentes de este grupo. En el profundo (intraarticular y recubierto de sinovial) destaca el abanico tibioastragalino posterior (mucho más robusto que el tibioastragalino anterior); y denominado así por la morfología que adquiere su extensa inserción astragalina.



Figura 8. Imagen RM coronal STIR. Imagen en “tijera” del complejo ligamentoso tibioperoneo y peroneoastragalino posterior.
Figure 8. Coronal STIR-MR image. “Scissors” image of the tibioperoneal and posterior peroneo-talar ligament complex.



Figura 9. Reconstrucción 3D TC VR. Epifisiolisis Salter Harris II de epífisis distal de la tibia, con desplazamiento y amplia exposición de la fisis (*).
Figure 9. Three-dimensional VR CT reconstruction. Salter-Harris type II epiphyseolysis of the distal tibial epiphysis, with displacement and extensive exposure of the physis (*).

Ligamento colateral externo: Consta de tres componentes. El ligamento peroneoastragalino anterior, con un trayecto oblicuo anteroinferior. El peroneocalcáneo, que es el más largo y discurre entre los tendones peroneos y el calcáneo, con un trayecto posteroinferior. El ligamento peroneoastragalino posterior, que es el más fuerte e intra-



Figura 10. Tumor óseo de células gigantes de epífisis distal tibial, con quiste óseo aneurismático secundario. Imagen RM sagital EG T2. Se aprecia con nitidez la transición lesión-médula ósea normal (flecha blanca) y los niveles hemáticos líquido-líquido (flecha negra).
Figure 10. Giant-cell bone tumour of the distal tibial epiphysis, with secondary aneurysmatic bone cyst. T2-weighted ultrasound-gradient (USG) MR image. The lesion-normal bone marrow (white arrow) and the haematic liquid-liquid level images (black arrow) are clearly seen.

capsular extrasinovial. Este ligamento presenta unidad funcional con el componente posteroinferior del ligamento tibioperoneo posterior (o ligamento tibioperoneo transverso), abriéndose o cerrándose a modo de tijera con la flexión dorsal o plantar del tobillo, como importante componente posterior del juego troclear⁽²⁾ (Figura 8). La extensión al maléolo tibial del ligamento tibioperoneo transverso configura el ligamento intermaleolar posterior o funda tibial.

La TC multicorte constituye la técnica de elección en el estudio de fracturas de tobillo con especial repercusión funcional, como en epifisiolisis complicadas (Figura 9).

La RM, por su parte, es la técnica de elección en la caracterización intratumoral (contraste de señal de los distintos componentes o presencia de niveles, aunque no sustituye a la radiología convencional para hacer el diagnóstico diferencial de un tumor óseo. Es además insustituible en el análisis de la transición lesión-médula ósea normal (Figura 10).

TARSO: RETRO-MEDIOPIÉ

• **Articulación astrágalo-calcáneo-escafoidea y seno tarsiano:** La articulación astrágalo-calcánea presenta un triple componente: posterior (la mayor), medio (en el *subtenta-*



Figura 11. Síndrome de seno tarsiano. Imagen RM coronal fast SE densidad protónica con supresión grasa (FSE DP SF). La grasa del seno tarsiano aparece aumentada de señal (*), que traduce edema; e improntada por claro osteofito dependiente del componente articular subastragalino anteromedial (flecha).

Figure 11. Tarsal sinus syndrome. Coronal fast ES-MR proton density image with fatty tissue suppression (FSE PD SF). The fatty tissue in the tarsal sinus is signal-enhanced (*) representing oedema; it also shows the clear imprint of an osteophyte arising from the anteromedial subtalar joint component (arrow).

culum tali) y anterior (en íntima relación con la enartrosis astragalocalcaneoescafoidea, entre la faceta anteroinferior de la cabeza del astrágalo, la posterior del escafoides y la superior y anteromedial del calcáneo, junto al ligamento en resorte o calcaneoescafoideo). Entre los componentes posterior y medio existe un espacio interóseo en forma de cono, que se estrecha medialmente donde contacta con el túnel tarsiano, denominado **seno tarsiano**. Además de estructuras neurovasculares y grasa, en este espacio destaca un poderoso ligamento, fundamental en la estabilidad lateral del tobillo y retropié (junto al colateral externo); y responsable de la limitación de la inversión. Es el ligamento interóseo, que se compone del ligamento cervical (anteroexterno y más grueso) y del ligamento calcaneoastragalino (**Figuras 3 y 4**).

La RM es la técnica de elección en la valoración del seno tarsiano, ya que permite una óptima visualización de los



Figura 12. Osteoma osteoide. Imagen TC coronal. Imagen diagnóstica del nido tumoral (flecha).

Figure 12. Osteoid osteoma. Coronal CT scan image. Diagnostic image of the tumour nidus (arrow).



Figura 13. Reconstrucción 3D TC VR. En tono más oscuro se resalta el arco longitudinal medial más alto respecto del arco lateral.

Figure 13. Three-dimensional VR-CT scan reconstruction. The darker tone shows the medial longitudinal arch, which is higher than the lateral one.

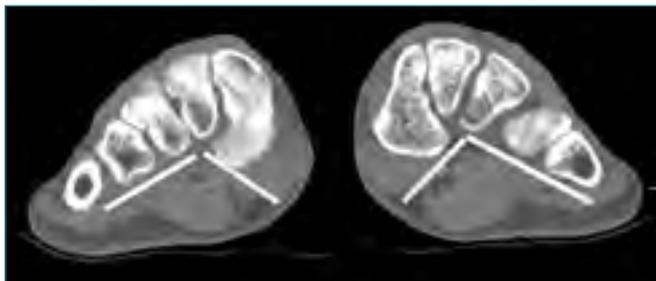


Figura 14. Imagen TC axial de ambos pies, que pone de relieve el arco transversero.

Figure 14. Axial CT scan image of both feet, highlighting the transverse arch.

cambios inflamatorios característicos de un cuadro clínico-patológico conocido como síndrome del seno tarsiano (Figura 11).

La TC, por su parte, puede resultar definitiva en un paciente con una sintomatología también dolorosa, al identificar un nidus diagnóstico de osteoma osteoide en la proximidad de esta región anatómica (Figura 12). Es, además, la radioablación percutánea TC dirigida el tratamiento de elección de este tumor⁽¹⁷⁾.

• **Articulación calcáneo-cuboidea:** Junto con el componente articular astragaloescafoideo, constituye la articulación mediotarsiana.

El soporte articular depende del ligamento en Y (en su porción dorsal o superior), entre el margen superior del calcáneo y cuboides, proximalmente, y el superolateral del escafoides, distalmente. En su margen plantar, el soporte articular depende de los ligamentos plantar largo (Figura 4) (distalmente alcanza la base del III, IV y V metatarsianos) y plantares cortos.

• **Túnel tarsiano:** Se trata de un túnel osteofibroso entre el margen posteroinferior del maléolo tibial interno y el retináculo flexor, por donde pasa el nervio más importante del pie: el tibial posterior. Aproximadamente a 1 cm del maléolo, el nervio se divide en los nervios plantares interno y externo; y ramas sensoriales para el calcáneo (Figura 2). La neuropatía por compresión en esta encrucijada anatómica constituye el denominado *síndrome del túnel tarsiano*⁽¹⁸⁾; y puede relacionarse con lipomas, gangliones, neurinomas, tenosinovitis, fibrosis, cambios hipertróficos óseos degenerativos o secundarios a traumatismo, inserción calcánea fibrosa del abductor del primer dedo, etc., que son fácilmente diagnosticados con RM. El tratamiento quirúrgico de dicho síndrome es más efectivo cuando se identifica una lesión responsable de la neuropatía compresiva⁽¹⁹⁾.

PIE

• **Músculos-tendones de la planta del pie:** Podemos distinguir cuatro capas entre la aponeurosis plantar (superficial) y el plano óseo (profundo)^(1,3,12) (Figura 4):

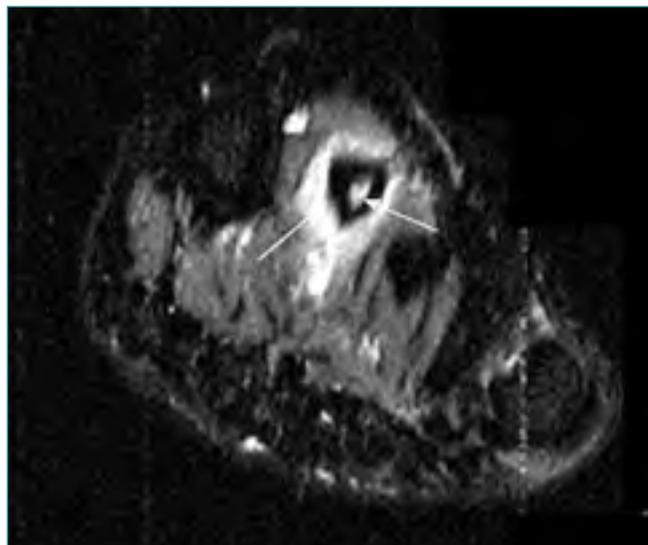


Figura 15. Fractura de estrés del metatarsiano. Imagen RM axial STIR del pie. Secuencia poco anatómica pero muy sensible al edema, que muestra claro aumento de señal en la médula ósea y en tejidos blandos circundantes a la diáfisis del segundo metatarsiano (flechas), en un paciente con radiología convencional normal.

Figure 15. Metatarsal stress fracture. Axial STIR-MR image of the foot. The sequence is not quite anatomic but it is highly sensitive for oedema, and shows an evident signal enhancement in the bone marrow and in the soft tissues around the diaphysis of the second metatarsal bone (arrows) in a patient with normal conventional radiologic studies.

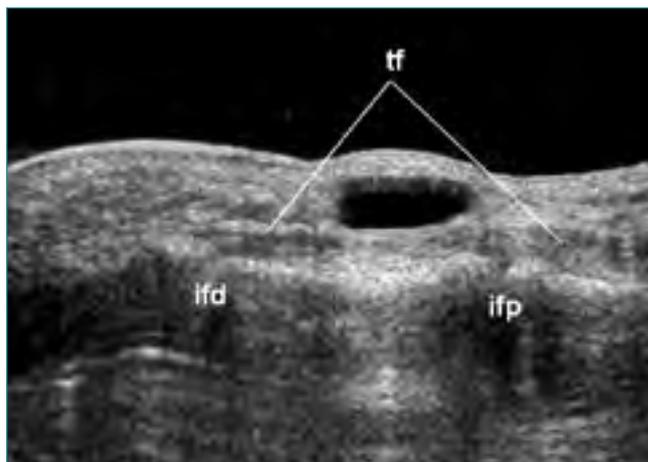


Figura 16. Ganglión dependiente de la vaina tendinosa flexora del dedo. Imagen US longitudinal al tendón flexor del dedo (tf), que muestra la típica imagen quística. ifd: articulación interfalángica distal; ifp: articulación interfalángica proximal.

Figure 16. Ganglion arising from the flexor digitorum tendon sheath. Ultrasound image longitudinal to the flexor digitorum (tf) tendon showing the typical cystic image. ifd: distal interphalangeal joint; ifp: proximal interphalangeal joint.

- Primera capa o de los músculos abductores (del primer y quinto dedos); y entre ambos, el músculo flexor corto de los dedos.

- Segunda capa o de los tendones flexores largos (común de los dedos y el del primer dedo), el músculo cuadrado plantar y lumbricales.

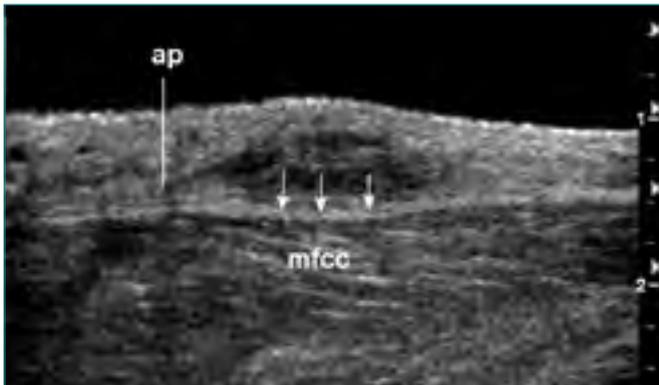


Figura 17. Fibromatosis plantar. Imagen US longitudinal por la aponeurosis plantar (ap), que muestra tumoración sólida hipoeecogénica dependiente de la misma (flechas). mfcc: músculo flexor corto común de los dedos.

Figure 17. Plantar fibromatosis. Longitudinal US image through the plantar aponeurosis (ap) showing a hypoechoic solid mass arising from the aponeurosis (arrows). mfcc: M. flexor digitorum communis brevis.

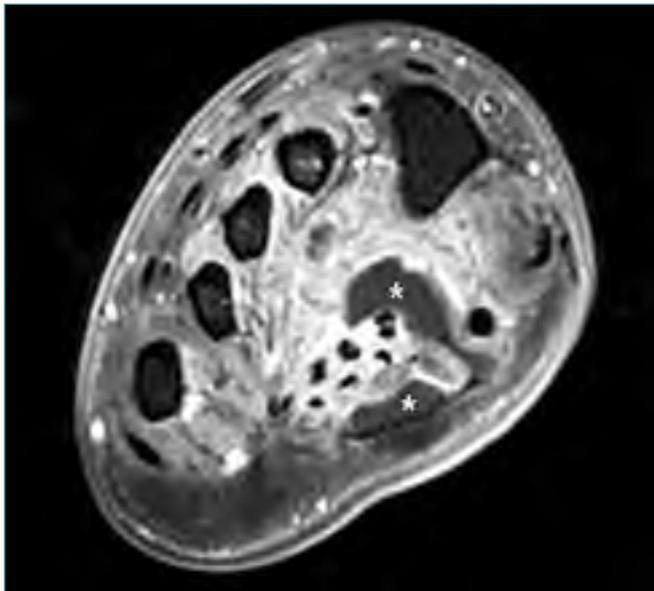


Figura 18. Absceso. Imagen RM axial SE T1 y supresión grasa tras la administración de gadolinio. Se objetiva marcado realce inflamatorio de la musculatura plantar con colecciones entre los planos musculares (*).

Figure 18. Abscess. T1-weighted ES-MR image with fatty tissue suppression after gadolinium administration. There is a marked inflammatory enhancement of the plantar musculature with fluid collection between the muscular planes (*).



Figura 19. Tumor de células gigantes de vaina tendinosa. Imagen RM sagittal SE T1. Tumoración dependiente de la vaina tendinosa (flechas), que engloba al tendón flexor (*) y erosiona el margen plantar de la falange (flecha larga).

Figure 19. Giant-cell tendon sheath tumour. Sagittal T1-weighted ES-MR image. Tumour arising from the tendon sheath (arrows) that surrounds the flexor tendon (*) and erodes the plantar margin of the phalanx (long arrow).

- Tercera capa o de los músculos flexores cortos (del primer y quinto dedos); y entre ambos, el músculo aproximador del primer dedo.

- Cuarta capa o de los tendones peroneo largo y tibial posterior; y músculos interóseos.

• **Arcos del pie:** La función de carga del pie descansa sobre unos arcos longitudinales interno y externo. El primero es más alto y configura el empeine. Se constituye por los huesos calcáneo, astrágalo, escafoides, las tres cuñas y primero, segundo y tercer metatarsianos. El arco externo se constituye por el calcáneo, cuboides y cuarto y quinto metatarsianos (**Figura 13**). Ambos presentan un apoyo anterior en la cabeza de los metatarsianos y posterior en el calcáneo. El arco transversal lo constituyen los metatarsianos, el cuboides y las cuñas (**Figura 14**).

Las articulaciones metatarsofalángicas son condíleas, y las interfalángicas, trocleares.

Cuando se sobrepasa el límite de resistencia del hueso en su función de sostén (por exceso del estrés o por debilidad del hueso), se producen fracturas de estrés, muy sintomáticas aunque ocultas a la radiología convencional en su fase inicial. Para su diagnóstico es electiva la RM (**Figura 15**).

Si bien para lesiones frecuentes en el medio-antepié, como gangliones (**Figura 16**) o fibromatosis de la aponeurosis plantar (**Figura 17**), los US pueden ser una técnica de imagen suficiente; otras lesiones más agresivas y profundas (como abscesos anfractuosos), requieren un estudio RM adecuado, con contraste paramagnético y supresión de la grasa (**Figura 18**).

Finalmente, los US han demostrado su utilidad en los procesos tumorales y pseudotumorales de los dedos⁽⁸⁾, aunque la RM resulta ventajosa para una mejor representación anatómica global o ante la presencia de lesión ósea⁽⁸⁾ (**Figura 19**).

BIBLIOGRAFÍA

1. Harrelson JM. Foot. En: Surgery FOR Bone and Soft-Tissue Tumors. Filadelfia: Lippincott-Raven Publishers 1998: 421-434.
2. Stoller DW, Ferkel RD. The Ankle and Foot. En: Magnetic Resonance Imaging in Osthopaedics and Sports Medicine. Filadelfia: Lippincott-Raven Publishers 1997: 443-595.
3. Beltrán J. The Ankle and Foot. MRI Radiol Clin North Am 1994; 2.
4. Rosenberg ZS, Beltran J, Bencardino JT. MR Imaging of the Ankle and Foot. Radiographics 2000; 20: S 153-S 179.
5. Recondo JA. RM en el tobillo-pie. Ansoain (Navarra): Line Grafic, S.A., 1999.
6. Choplin RH, Buckwalter HA, Rydberg J, Farber JM. CT with 3D Rendering of the Tendons of the Foot and Ankle: Technique, Normal Anatomy, and Disease. Radiographics 2004; 24: 343-356.
7. Pham H, Fessell DP, Femino JE, Sharp S, Jacobson JA, Hayes CW. Sonography and MR Imaging of Selected Benign Masses in the Ankle and Foot. AJR 2003; 180: 99-107.
8. Bueno A, López J, De la Cruz R, Hernández S, Alonso S, González S, Domínguez P, Ortiz E. Ultrasound and MR findings in tumor and tumor-like lesions of the fingers. Eur Radio 1 2003; 13: 672-685.
9. Fessell DP, Jamadar DA, Jacobson JA, Caoili EM, Dong Q, Pai SS, Van Holsbeeck MT. Sonography of Dorsal Ankle and Foot Abnormalities. AJR 2003; 181: 1573-1581.
10. Fessell DP, Van Holsbeeck MT. Foot and Ankle Sonography. Radiol Clin North Am Musculoskeletal Ultrasound 1999; 37: 831-858.
11. Craig JG. Infection: Ultrasound-Guided Procedures. Radiol Clin North Am Musculoskeletal Ultrasound 1999; 37: 669-678.
12. Ferner H, Staubesand J. Sobotta Atlas de Anatomía Humana 2. XVIII edición. Madrid: Medicina Panamericana Editorial, S.A., 1983.
13. Sardanelli F, Renzetti P, Nardi F. Imaging of angioleiomyoma. J Clin Ultrasound 1996; 24: 268-271.
14. Bueno A, Martel J, Martin T, Ortiz E, Domínguez P. Imagen del angioleiomioma. Presentado en V Jornada de la Sección de Musculosquelético de la SERAM. Santander, 28 de marzo de 2003.
15. Patel S, Fessell D, Jacobson JA, Hayes CW, Van Holsbeeck, MT. Artifacts, Anatomic Variants, and Pitfalls in Sonography of the Foot and Ankle. AJR 2002; 178: 1247-1254.
16. Gerling M, Pfirrmann CW, Farooki S, Kim C, Boyd GJ, Aronoff MD, Feng SA, Jacobson JA, Resnick D, Brage ME. Posterior Tibialis Tendon Tears. Comparison of the Diagnostic Efficacy of Magnetic Resonance Imaging and Ultrasonography for the Detection of Surgically Created Longitudinal Tears in Cadavers. Investigative Radiol 2003; 38: 51-56.
17. Martel J, Ortiz E, Bueno A, Dhimes P. Tratamiento percutáneo mediante radiofrecuencia del osteoma osteoide. Radiología 2001; 43 (7): 337-340.
18. Delfaut EM, Demondion X, Biegansky A, Thiron MC, Mestdagh H, Cotton A. Imaging of Foot and Ankle Nerve Entrapment Syndrome: From Well-demonstrated to Unfamiliar Sites. Radiographics 2003; 23: 613-623.
19. Pfeiffer WH, Cracchiolo A. Clinical Results after Tarsal Tunnel Decompression. J Bone Joint Surg (Am) 76A: 1222.