

# Imagerie du pied et de la cheville : quel examen choisir ?

G Morvan

## ABSTRACT

### Foot and ankle imaging: what is the best modality

There are numerous foot and ankle's pathologies and also numerous imaging technics. In fact, it often appears an inadequacy between the suspected pathology and the diagnostic tool used for its study.

**Aims.** Know the qualities and the faults of each foot and ankle imaging technic.

Know the best way of using these technics, according to the clinical problem, of a medical and economic point of view, in main skeletal pathologies, mechanical arthropathies of the hindfoot, tendinopathies, infections, and forefoot diseases.

**Key words:** Foot, radiography. Foot, MR. Foot, US. Ankle, injuries. Ankle, MR.

J Radiol 2001; 82:409-20.

## RÉSUMÉ

Les pathologies du pied et de la cheville sont nombreuses et les techniques d'imagerie également. En pratique, on constate souvent une inadéquation entre la pathologie étudiée, l'outil utilisé pour son étude et la façon d'utiliser cet outil.

**Objectifs.** Apprécier les qualités et les défauts de chaque technique d'imagerie dans l'étude des principales pathologies du pied et de la cheville.

Rechercher la façon la plus rationnelle d'utiliser ces techniques en fonction du problème posé, la plus efficace et la moins agressive, médicalement et financièrement parlant, en tenant compte de la variabilité des possibilités techniques en fonction des endroits, dans les pathologies osseuses, les arthropathies mécaniques de l'arrière et du médio-pied, les tendinopathies, les infections et les pathologies de l'avant pied, exemples démonstratifs et concrets à l'appui.

**Mots-clés :** Pied. Cheville, technique d'exploration. Échographie. Scanographie. IRM.

La charpente du pied et de la cheville est essentiellement constituée d'un ensemble de pièces osseuses, reliées par des articulations dont l'anatomie — reflet direct de la fonction — obéit à des impératifs biomécaniques fort différents, et solidarités par des ligaments dont seuls quelques uns ont une réelle importance cliniquement reconnue. Ces articulations sont mues et soutenues par des tendons longs, issus de muscles dont la plupart sont placés, probablement pour des motifs d'encombrement, très à distance de leur point d'action.

Schématiquement, on peut diviser le pied et la cheville, en cinq parties :

- la cheville : articulation simple, très solide voire inusable sauf accident, qui travaille en flexion-extension, d'où l'existence de seuls ligaments collatéraux, d'une capsule lâche en avant et en arrière, et sa forme de trochlée ;
- l'articulation sous-talienne, le calcaneus, l'articulation medio tarsienne de Chopart, l'articulation tarso-métatarsienne de Lisfranc et le médio-pied. Ce sont essentiellement des structures massives de transfert des forces au sol et à l'avant-pied, et accessoirement des instruments autorisant la mobilité transversale qui manque à la cheville, indispensable à la marche pieds nus en terrain irrégulier ;
- les tendons qui, toujours pour des problèmes de place, cheminent vers leurs points d'application, plaqués contre le squelette par des retinaculum ;

- l'avant-pied, éventail souple de morphologie fort variable, s'accommodant avec plus ou moins de bonheur à la chaussure et à ses modes ;
- la plante, concavité où arrivent à prendre place les quelques muscles intrinsèques du pied, traversée par les tendons fléchisseurs et leurs appendices, les structures ligamentaires passives de sustentation, et que revêt un épais capiton cutané, particulièrement bien adapté à sa fonction.

Autant de structures anatomiques différentes qu'il faut analyser avec les outils d'imagerie dont on dispose actuellement. En simplifiant, l'étude de l'arrière-pied sera essentiellement orientée vers l'analyse de l'os, du cartilage, des ligaments et des tendons, tandis que l'étude de la plante et de l'avant pied nécessitera une bonne mise en évidence du squelette, mais surtout des parties molles.

Ces impératifs anatomo-cliniques guident le choix de la technique à utiliser :

- les clichés simples ne montrent que le squelette — en charge et de façon comparative, et ne serait-ce que pour cela ils resteront encore longtemps irremplaçables — mais au prix de superpositions difficiles, voire impossibles, à déchiffrer. Ces clichés permettent un bon suivi dans le temps. Ils constituent la base actuelle, souvent suffisante, de toute exploration du pied et de la cheville ;
- la TDM, imagerie X, précise, mais peu sensible, qui requiert pour être efficace une différence de densité franche entre les structures à étudier. C'est le cas entre l'os, la graisse, et le tissu fibreux, mais cela ne l'est pas entre les tissus dont la densité est voisine de celle de l'eau (œdème, épanchements, tissus inflammatoires, cartilage...) d'où la fréquente obligation d'utiliser un

produit de contraste iodé injecté localement (arthrographie, té-nographie...), avec tous les inconvénients que cela comporte, pour pallier à ce manque de sensibilité. Les possibilités actuelles d'acquisition hélicoïdale, suivie de reconstruction multiplanare et tridimensionnelle ont augmenté les potentialités de la TDM, mais sans pour autant modifier les bases physiques limitantes de la méthode ;

- l'IRM est l'imagerie du proton de l'hydrogène, donc de l'eau et de la graisse mais, seulement en négatif du calcium et du tissu fibreux qui n'émettent pas de signal. L'IRM objective la graisse intra-osseuse, ou l'œdème qui peut l'infiltrer, mais jamais directement le tissu osseux. Elle ne peut, à l'heure actuelle, analyser finement le cartilage. Les séquences T1 sont anatomiques, mais peu sensibles. Les séquences T2 différencient mal les liquides des tissus œdématisés (épanchement versus synovite), d'où le recours aux produits de contraste intraveineux, peu toxiques, mais chers. L'épaisseur incontournable des coupes en écho de spin est génératrice d'effets de volume partiel, tandis que les coupes pondérées en écho de gradient, fines et jointives, pâtissent d'artefacts d'autre nature ;
- l'échographie actuelle a connu un gain qualitatif majeur en quelques années. Il n'en demeure pas moins, les lois physiques étant ce qu'elles sont, que les ultrasons seront toujours arrêtés par l'os et que l'échographie restera toujours un examen destiné à l'étude des parties molles superficielles.

Aucun de ces outils diagnostiques n'est donc parfait, et ne saurait répondre à la totalité des questions qui peuvent se poser. « Détail » qui a de plus en plus d'importance, une IRM coûte environ le prix de deux scanners et de 10 à 15 échographies.

Nous allons passer en revue les principaux problèmes cliniques usuels que peut envisager le clinicien après son examen clinique.

### PATHOLOGIES MÉCANIQUES DE L'ARRIÈRE ET DU MÉDIO-PIED (FRACTURES, MALFORMATIONS, ARTHROPATHIES DÉGÉNÉRATIVES)

En raison de leur anatomie complexe, source de nombreuses superpositions, deux régions sont particulièrement difficiles à étudier sur les clichés simples, quelles que soient les incidences radiologiques utilisées : la région sous-talienne, et l'articulation tarso-métatarsienne de Lisfranc. Il n'est donc pas étonnant que la majorité des lésions qui passent inaperçues (fractures, malformations, arthropathies dégénératives...) siège à ces deux endroits.

La majorité des fractures de l'arrière et du médio-pied se voient sur de bons clichés comparatifs. Certaines d'entre elles (fractures du talus, du calcaneus) peuvent nécessiter un complément TDM préopératoire destiné à préciser les lésions. Quatre fractures passent régulièrement inaperçues sur les radiographies conventionnelles :

- la fracture du processus latéral du talus, non exceptionnelle, très pathogène (*fig. 1*). Cette fracture bi-articulaire pseudarthrose en règle, et cette pseudarthrose conduit régulièrement et rapidement à l'arthrose sous-talienne. La fracture du processus latéral du talus, en règle confondue avec une entorse latérale de la cheville, qu'elle accompagne assez fréquemment (1, 2) peut



**Fig. 1 :** Fracture pseudarthrosée du processus latéral du talus droit. Coupe TDM frontale comparative 3 mois après la fracture. Les clichés simples étaient normaux. Remarquer la fracture (tête de flèche) et le corps étranger intra-articulaire (flèche).

**Fig. 1:** Pseudarthrosed fracture of the lateral process of the right talus. Frontal CT scan three months after the fracture. Simple X-rays were normal. Draw attention to fracture (arrowhead) and intra-articular foreign body (arrow).

passer inaperçue même sur de bons clichés obliques destinés spécifiquement à la rechercher ;

- la fracture isolée du sustentaculum tali, plus rare, confondue avec une entorse médiale de la cheville ;
- les fractures-enfoncements parcellaires, ou les fissures peu déplacées du cuboïde ;
- les fractures de l'articulation tarso-métatarsienne de Lisfranc. Plus que de fractures, il s'agit de multiples avulsions de l'insertion des ligaments intrinsèques de l'articulation de Lisfranc, équivalents d'une entorse grave.

Les plus fréquentes et les plus méconnues des malformations congénitales de l'arrière-pied sont les synostoses. Toutes les synostoses naviculo-calcaneennes, même les formes frustes et partielles, peuvent être diagnostiquées sur un cliché comparatif des pieds en trois-quarts déroulé. À l'inverse, les synostoses talo-calcaneennes passent très régulièrement inaperçues, et ne se manifestent que par des signes indirects : brièveté du col du talus, ostéophytose dorsale de la tête du talus (*fig. 2*), pseudarthrose de la malléole médiale, trop bonne visibilité du sustentaculum tali et par une mauvaise visibilité de l'interligne talo-calcaneen postérieur, ces deux derniers signes s'observant aussi en cas de valgus anormalement accentué de l'arrière-pied, surtout dans le cadre d'un pied plat valgus.

L'arthrose et les chondropathies de l'articulation talo-cruale et de l'articulation médio-tarsienne de Chopart, dès qu'elles atteignent un certain degré, sont visibles sur les clichés simples, qui suffisent habituellement au diagnostic. Les arthropathies sous-taliennes et de l'articulation tarso-métatarsienne de Lisfranc peuvent passer inaperçues, pour les raisons exposées précédemment.

L'ensemble de ces lésions mécaniques apparaît parfaitement sur un examen TDM comparatif, constitué de coupes axiales et frontales, complétées actuellement par des reconstructions sagittales. Cet examen TDM fournit tous les renseignements utiles à leur traitement. En cas de doute, il ne faut pas hésiter à y avoir recours : à notre avis, quel que soit le point de vue où l'on se place (médical, social, et même économique) mieux vaut faire un scanner inutile que de laisser passer une fracture du processus latéral du talus, qui compromettra définitivement l'avenir du pied et de la cheville. L'IRM n'a, à notre sens, pas d'indication dans ce type de pathologie.

## ENTORSES LATÉRALES DE LA CHEVILLE ET SES DIAGNOSTICS DIFFÉRENTIELS

Le *tableau 1* fait la liste des diagnostics différentiels de l'entorse latérale de la cheville, que nous avons proposé de regrouper sous l'appellation de « syndrome du carrefour latéral de la cheville » (1). Le diagnostic de l'entorse de cheville est clinique. La prescription des examens radiographiques simples obéit actuellement aux critères d'Ottawa. Les clichés simples, bien faits (nous soutenons par expérience que ces clichés gagnent à être comparatifs) et soigneusement lus, sont aptes à éliminer certains diagnostics différentiels de l'entorse (les fractures de la malléole latérale, les fractures importantes du processus latéral du talus, les luxations des tendons fibulaires quand il existe une avulsion de l'insertion osseuse de leur retinaculum, la majorité des fractures ostéo-chondrales de la trochlée du talus, les fractures-arrachements de la tubérosité du 5<sup>e</sup> métatarsien, les entorses médio-tarsiennes quand il existe une avulsion des insertions des ligaments calcanéo-cuboïdien, talo-naviculaire dorsal, ou une fracture-avulsion du rostre du calcaneus...). D'autres diagnostics ne peuvent pas être effectués à partir de ces clichés : les tendinopathies fibulaires, les luxations des tendons fibulaires sans arrachement osseux, les entorses sous-taliennes, les arrachements purement chondraux de la trochlée du talus, les entorses médio-tarsiennes sans signe osseux...

En cas de discordance entre l'impression clinique et les clichés simples, il est actuellement possible de progresser facilement, à frais réduits, à l'aide de l'échographie qui expose bien les différents ligaments de l'arrière-pied. Cette technique est capable d'affirmer la rupture du ligament talo-fibulaire antérieur (*fig. 3*),

**Tableau 1 :** Le syndrome du carrefour latéral de la cheville (les différentes lésions de la région malléolaire latérale)

**Table 1:** Lateral syndrome of the ankle

- entorse du ligament collatéral latéral de l'articulation talo-crurale ;
- fracture de la malléole latérale ;
- entorse sous-talienne ;
- tendinopathie des tendons fibulaires ;
- (sub)luxation des tendons fibulaires ;
- fracture du processus latéral du talus ;
- fracture ostéo-chondrale supéro-latérale de la trochlée du talus ;
- fracture-arrachement de la tubérosité du 5<sup>e</sup> métatarsien ;
- arrachement de l'anneau fibreux du canal cuboïdien (rare) ;
- entorse latérale des articulations médio-tarsienne ou tarso-métatarsienne.

*Ces différentes lésions coexistent fréquemment.*

celle du ligament calcanéo-fibulaire (*fig. 4*), la luxation des tendons fibulaires, même intermittente, les lésions du plan ligamentaire collatéral médial, les lésions du ligament talo-naviculaire dorsal (*fig. 5*) et indirectement les lésions du ligament talo-calcanéen en haie. Pour les cas qui demeurent litigieux (doute sur le caractère isolé d'une lésion ligamentaire, évolution défavorable d'une « entorse »...) l'arthroscanner est, à notre avis, et de très loin, l'outil le mieux à même de résoudre la quasi-totalité des problèmes diagnostiques de la région : il montre très bien



**Fig. 2 (a et b) :** Synostose talo-calcanéenne droite se manifestant par des douleurs de la cheville chez une femme de 50 ans.

**a :** cliché de profil de la cheville droite. Col du talus court (flèche), ostéophytose dorsale du talus (tête de flèche), trop bonne visibilité du sustentaculum tali et mauvaise visibilité de l'interligne sous-talien postérieur.

**b :** coupe TDM frontale. Synostose complète (tête de flèche).

**Fig. 2 (a and b) :** Right painful talo-calcaneal synostosis in a fifty years old woman.

**a :** right ankle lateral view. Short talus neck (arrow), dorsal bony production (arrowhead), too well seen sustentaculum tali and bad visualization of posterior subtalar articulation.

**b :** frontal CT scan. Complete synostosis. (arrowhead).

le cartilage tibio-tarsien, les différents ligaments de la cheville (*fig. 6*), de la sous-taliennne et de la médio-tarsienne, le squelette, et les tendons (à défaut d'être capable de préciser exactement la nature d'une tendinopathie, il permet au moins de présumer du caractère normal d'un tendon). Cette technique est donc capable d'éliminer l'essentiel des diagnostics différentiels du syndrome du carrefour latéral. Dans le contexte de l'entorse fraîche, l'échographie est donc un moyen élégant, simple, bon marché, et totalement anodin de faire un bilan assez complet des lésions, et d'éviter les clichés dynamiques en varus, douloureux et très peu sensibles.

Pour nous, dans ce contexte, l'IRM n'a pas de place, car, si cette technique est capable de mettre en évidence une rupture ligamentaire, elle montre mal ou pas les fractures et lésions cartilagineuses fréquemment associées, dont la présence est d'une importance majeure pour le pronostic.

### LÉSIONS OSTÉO-CHONDRALES DE L'ARTICULATION TALO-CRURALE

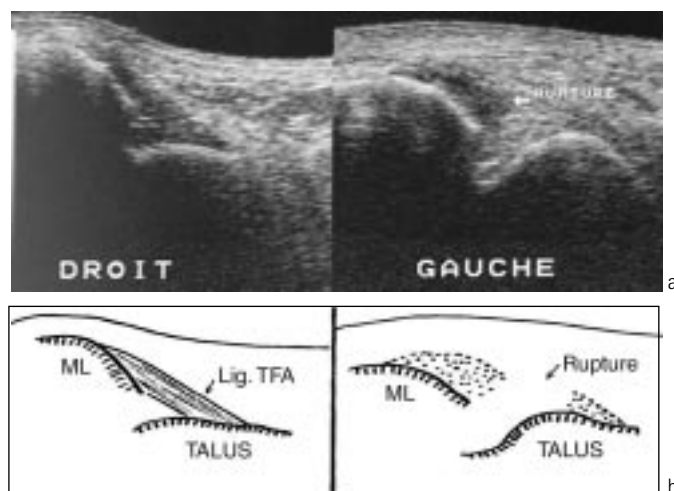
Leur étiologie traumatique, ou micro-traumatique, ne fait plus guère de doute à l'heure actuelle. Il en existe deux grands types :

- les impactions verticales du coin supéro-médial du talus (arrondi) par le pilon tibial, lésant plus le tissu spongieux sous-chondral que le cartilage et à l'origine de tableaux variés : « ostéo-chondrite », « nécrose »...
- les cisaillements du coin supéro-latéral du talus (pointu) par la malléole latérale, qui détache un copeau ostéo-chondral, pouvant ou non se mobiliser.

Coup de marteau dans le premier cas, coup de hache dans le second. Dans un cas sur trois, les lésions ostéo-chondrales ne sont pas visibles sur les clichés habituels (3), d'où l'intérêt des clichés de face comparatifs, complétés au besoin par des incidences en flexion et extension, de façon à ce que le rayon incident soit tangent à la zone lésée. L'arthroscanner, examen dont la morbidité est infime, réalisé directement sur la table de scanner, après quelques coupes sans préparation pour rechercher un corps étranger intra-articulaire radio-opaque qui risquerait par la suite d'être noyé dans le contraste, est l'outil idéal pour l'étude de ces pathologies. Il autorise, bien mieux que l'IRM (*fig. 7 et 8*), une analyse extrêmement fine des lésions cartilagineuses et du sous-sol spongieux sous-chondral, associée à une analyse d'ensemble des lésions de l'arrière-pied (surtout depuis les possibilités d'acquisition hélicoïdale et de reconstructions secondaires). On peut ainsi déceler :

- un spongieux profondément remanié, condensé, géodique, qui peut occuper une grande partie du corps du talus, recouvert par un cartilage à peine remanié (donc peu visible en arthroscopie). La présence de ces lésions profondes conditionne le traitement, notamment endoscopique ;
- une image d'œuf au nid, avec un séquestre en place, et un cartilage de revêtement quasi-normal ;
- une fracture ostéo-chondrale que l'on peut classer dans l'un des 4 stades de Berndt *et al.* (4) en fonction de son importance et de son déplacement (*fig. 7*).

Indiscutablement, l'IRM est plus sensible que le scanner pour la mise en évidence des remaniements spongieux précoces, qui se traduisent par un hypersignal en T1 et un hypersignal en T2



**Fig. 3 (a et b) :** Entorse grave du ligament talo-fibulaire antérieur gauche datant de 3 mois.

**a :** échographie comparative axiale passant par la pointe de la malléole latérale (ML)

**b :** schéma correspondant.

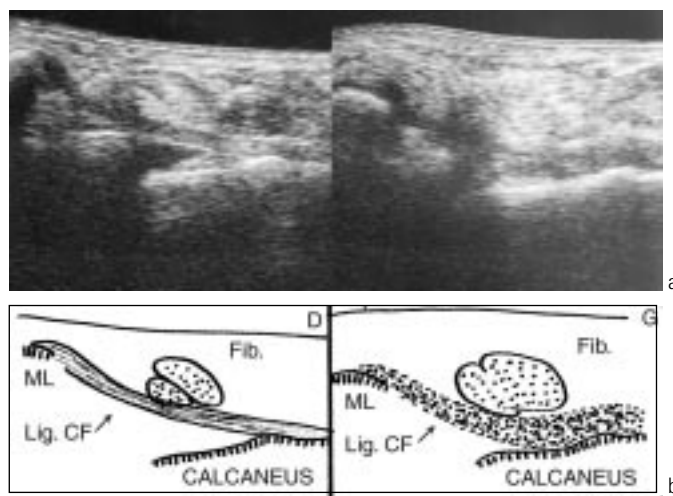
Le ligament talo-fibulaire antérieur droit, normal, est tendu et rectiligne. Le gauche, rompu, est interrompu dans sa partie moyenne avec rétraction de son extrémité fibulaire.

**Fig. 3 (a and b):** Severe left talo-fibular ligament sprain 3 months old.

**a:** axial comparative US slice passing by the tip of lateral malleolus (ML).

**b:** corresponding schema.

The normal right talo-fibular ligament is tight and straight. The torn left ligament is interrupted at its middle part, and its fibular part is retracted.



**Fig. 4 (a et b) :** Entorse grave du ligament calcanéofibulaire gauche datant de 15 jours.

**a :** échographie comparative frontale passant par la pointe de la malléole latérale (ML).

**b :** schéma correspondant.

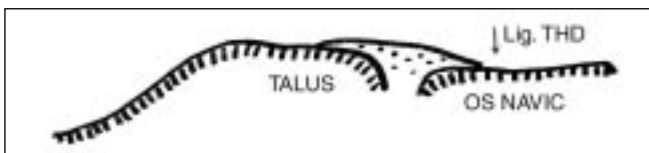
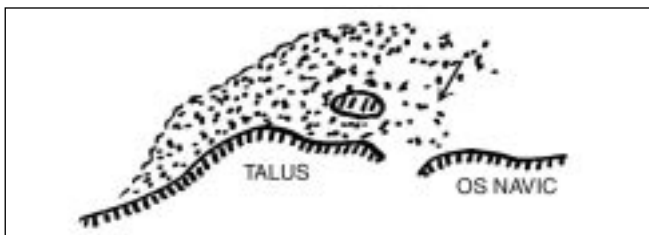
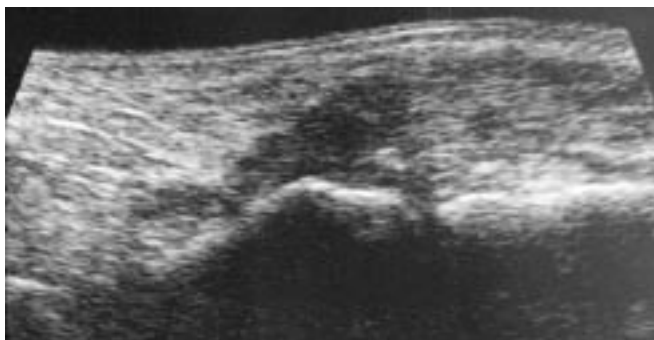
Le ligament calcanéofibulaire droit est fin et continu. Les tendons fibulaires (Fib) reposent sur lui comme sur un hamac. Le ligament calcanéofibulaire gauche est épaissi, hypoéchogène, et les tendons fibulaires sont augmentés de volume, sans épanchement dans leur gaine. La manœuvre de dorsiflexion du pied n'éloigne pas les tendons du bord latéral du calcaneus.

**Fig. 4 (a and b):** Severe left calcaneo-fibular ligament sprain 15 days old.

**a:** frontal comparative US slice passing by the tip of the lateral malleolus (ML).

**b:** corresponding schema.

The normal right calcaneo-fibular ligament is thin and continuous. The fibular tendons (Fib) lie on it as on a hammock. The left calcaneo-fibular ligament is thickened and hypo-echogenic. The fibular tendons are thickened, without fluid in their sheath. When the foot is in a dorsi-flexion position, the fibular tendons doesn't move away from the lateral side of the calcaneus.



**Fig. 5 (a-d) :** Entorse grave de l'articulation médio-tarsienne de Chopart.

**a :** cliché simple de profil. Fracture du rostre du calcanéus (flèche) et arrachement de l'insertion proximale du ligament talo-naviculaire dorsal (tête de flèche).

**b :** échographie sagittale passant par l'articulation talo-naviculaire. Mise en évidence de l'arrachement osseux et de l'œdème entourant le ligament rompu.

**c :** schéma correspondant.

**d :** aspect échographique normal (schéma) pour comparaison.

Dans ce cas, le cliché simple (**a**) suffisait au diagnostic, en raison des signes osseux. L'échographie est positive, même si le cliché simple est normal.

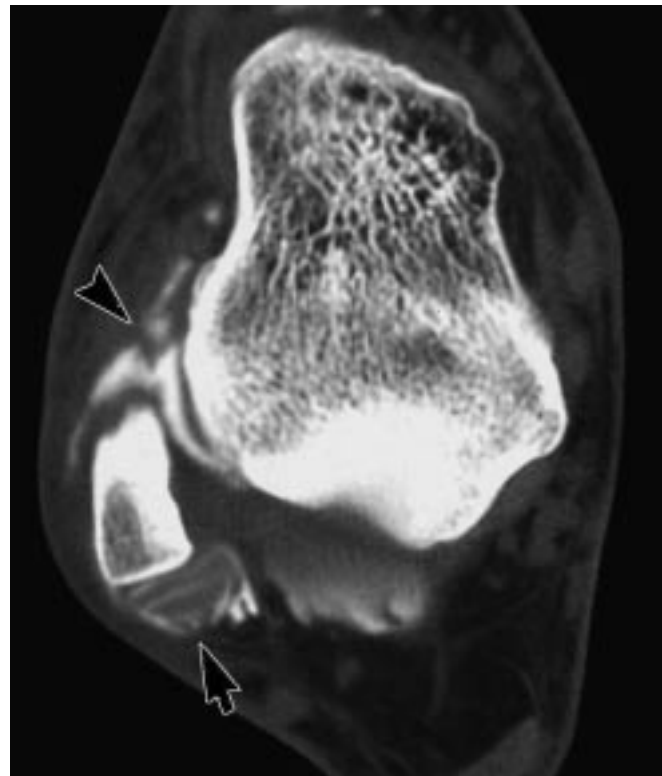
**Fig. 5 (a-d):** Severe medio-tarsal articulation sprain.

**a :** lateral X-ray. Fracture of the calcaneal rostrum (arrow) and avulsion of the proximal part of the dorsal talo-navicular ligament (arrow head).

**b :** sagittal US slice at the dorsal aspect of the talo-navicular articulation. The bony avulsion and the edema surrounding the torn ligament can be seen.

**c :** corresponding schema.

**d :** normal US slice (schema) for comparison.



**Fig. 6 :** Entorse grave de la cheville.

Arthroscanner.

Coupe TDM axiale passant par le ligament talo-fibulaire antérieur.

Rupture du ligament talo-fibulaire antérieur (tête de flèche) traduit par le passage du contraste au travers de ce ligament.

Il existait également une rupture du ligament calcanéo-fibulaire (présence de contraste dans la gaine des tendons fibulaires), mais surtout aussi une fissuration du tendon long fibulaire (flèche).

Cette tendinopathie fissuraire accompagne et complique de manière non exceptionnelle les entorses de cheville dont elle modifie le pronostic.

**Fig. 6:** Severe ankle sprain.

CT with arthrography.

Axial slice passing by the anterior talo-fibular ligament plane.

The irruption of the dye through the anterior talo-fibular ligament indicated that this ligament is torn (arrowhead).

There was also a rupture of the calcaneo-fibular ligament (contrast in the fibular sheath), but above all a split fibular longus tendon (arrow).



**Fig. 7 :** Fracture ostéo-chondrale du coin supéro-latéral du talus. Arthroscanner. Coupe frontale. Remarquer la finesse des détails de la lésion cartilagineuse (flèche) et la présence d'un copeau cartilagineux libre dans l'articulation (flèche creuse).

**Fig. 7:** Osteo-chondral fracture of the supero-lateral border of the talus. CT scan with arthrography. Frontal slice. Draw attention to the fineness of the details of the chondral lesion, and to the presence of a free chondral chip in the articulation (open arrow).

ou en STIR (*fig. 8*). Des signes IRM ont été décrits, qui permettent d'apprécier la stabilité d'un séquestre en fonction du signal du liséré qui l'entoure : un liséré hypo-intense en T1 et en T2 serait indicatif d'un séquestre stable, un liséré partiellement hyperintense en T2 indiquerait un séquestre partiellement détaché, et un liséré totalement hyperintense en T2 serait en faveur d'un séquestre libre. Dans notre expérience, l'IRM ne permet pas une étude suffisamment précise du cartilage du talus pour servir de base à une éventuelle décision opératoire (*fig. 8*) (ni d'ailleurs en postopératoire pour apprécier le résultat anatomique). Nous préférons de loin, comme l'essentiel des orthopédistes, l'arthroscanner pour sa précision, sa meilleure analyse des structures calciques et des lésions ligamentaires constamment associées, pour la recherche des corps étrangers intra-articulaires et pour son meilleur rapport coût-performance (*fig. 7*).

## TENDINOPATHIES

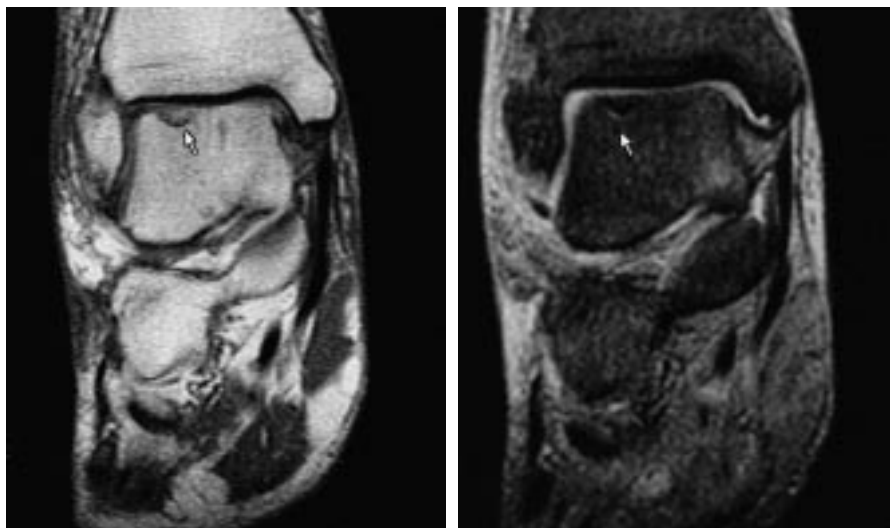
On peut les diviser en deux groupes : les tendinopathies mécaniques, directement secondaires aux sollicitations mécaniques de chaque tendon, et qui présentent, même si elles ont de nombreux points communs, autant de visages qu'il y a de tendons ; et les tendinopathies non mécaniques (inflammatoires, infectieuses, métaboliques, tumorales...) dont la séméiologie varie peu en fonction du tendon atteint.

### 1. Les Tendinopathies mécaniques

Dans ce cadre, les clichés simples (bilatéraux et en charge) peuvent mettre en évidence quatre types de signes exploitables :

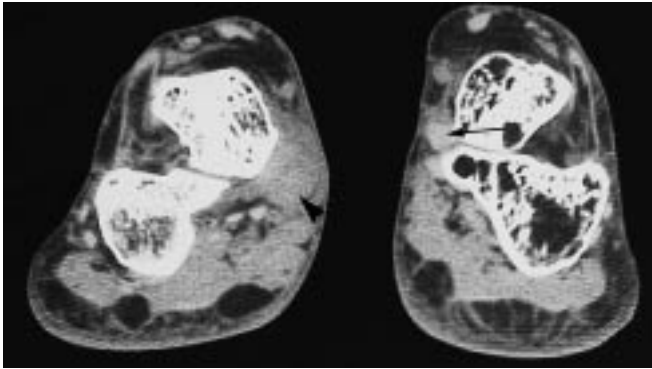
- des calcifications intra-tendineuses, témoins d'une lésion chronique sous-jacente ;
- une avulsion d'une enthèse (court fibulaire) ou d'un retinaculum (luxation des tendons fibulaires ou tibial postérieur) ;
- une enthésopathie de type mécanique, témoin de contraintes biomécaniques anormales (enthésopathie d'Achille dans les pieds creux) ;
- un trouble de la statique du pied, cause ou conséquence de la lésion d'un tendon (pied plat valgus des lésions tendineuses tibiales postérieures).

Le scanner sans préparation est en général capable de mettre en évidence le caractère pathologique d'un tendon : celui-ci apparaît hypodense, augmenté de volume, contenant ou non des calcifications, souvent entouré d'un halo d'épanchement, parfois en situation ectopique. Handicapé par son péché originel, le manque de sensibilité, le scanner sans préparation est par contre incapable de préciser le degré de la lésion tendineuse (*fig. 9*). Pour pallier ce défaut, il faut avoir recours à la ténographie. Le ténoscanner est un outil d'analyse très fin des lésions tendineuses pour peu que celles-ci modifient la forme du tendon, ou qu'elles comportent des fissures ouvertes à sa superficie, ce qui est en général le cas. Il permet dans le même temps une bonne analyse des structures articulaires voisines, ce qui peut être précieux en cas de lésions atypiques (*fig. 10*). Cette technique délicate, qui nécessite parfois la mise en place de l'aiguille de ponction sous guidage TDM, est applicable à tous les tendons du pied, sauf le tendon d'Achille.



**Fig. 8 (a et b) :** Fracture ostéo-chondrale du coin supéro-latéral du talus. IRM. Coupe frontale pondérée en T1 (a) et en T2 (b). (comparer avec la *fig. 7*). Il existe une anomalie de signal du spongieux sous-chondral (flèche), mais le cartilage n'est pas analysable.

**Fig. 8 (a and b):** Osteo-chondral fracture of the supero-lateral border of the talus. Frontal MRI T1 (a) and T2 (b) weighted slices. Compare with figure 7. There is an abnormal signal of the sub-chondral bone, but it is impossible to see the cartilage.



**Fig. 9 :** Tendinopathie chronique du tendon tibial postérieur droit. Coupe TDM frontale sans préparation. Le tendon tibial postérieur (tête de flèche) apparaît hypodense et augmenté de volume, surtout par comparaison avec les autres tendons médiaux droits et le tendon tibial postérieur gauche normal (flèche). On ne peut aller plus loin dans l'analyse.

**Fig. 9 :** Right chronic posterior tibial tendinopathy. Frontal simple CT scan. The posterior tibial tendon (arrow head) appears hypo-dense and thickened, especially by comparison with the others right medial tendons, and the contra-lateral normal tibial tendon (arrow). It is impossible to go further in the study of this tendon by lack of sensibility of the CT scan.

Technique non agressive, l'IRM est capable d'analyser finement les pathologies tendineuses. Tout tendon normal apparaît noir quelle que soit la séquence. Une pathologie se traduit habituellement par la présence d'un hypersignal au sein du tendon, notamment sur les séquences pondérées en densité de protons ou en T2, ainsi que par l'existence d'une plage péri-tendineuse en hypersignal en T2. Il est difficile à l'aide de ces seules séquences de savoir si cet hypersignal correspond à un épanchement ou à une synovite, qui se traduisent tous deux par un hypersignal. Une injection de contraste intraveineux permet le diagnostic (prise de contraste dans la synovite, pas de prise de contraste dans l'épanchement), au prix cependant d'un surcoût non négligeable, et d'une perte du caractère complètement atraumatique de l'examen (fig. 11).

L'échographie constitue une alternative nettement moins onéreuse. Avec le matériel actuel, elle permet une analyse précise de tous les tendons du pied et de la cheville, à l'exception du tendon long fléchisseur de l'hallux dans sa partie postérieure, trop profond et trop contourné pour être bien analysable par cette technique. Comme en IRM, la sémiologie est simple : augmentation de volume, hypoéchogénéité, présence de fissures hypo ou anéchogènes intra-tendineuses (fig. 12), épanchement péri-tendineux.

Dans notre pratique, l'étude d'une tendinopathie mécanique se résume donc à des clichés simples et à une soigneuse étude échographique. Si cela ne suffit pas, on a le choix entre une IRM et un ténoscanner, en fonction des possibilités locales.

## 2. Les Tendinopathies non mécaniques

Qu'elles soient infectieuses ou inflammatoires, l'expression clinique des tendinopathies non mécaniques est voisine (5) : gonflement douloureux d'un trajet tendineux. Quelle que soit la technique utilisée, l'imagerie du tendon est univoque dans ces deux cas : augmentation d'épaisseur du tendon et de sa membrane synoviale (hypodenses en TDM, hyperintenses en IRM, hypoéchogènes en échographie), hypervascularisation, épanchement intra-tendineux, réaction inflammatoire péri-tendineuse.



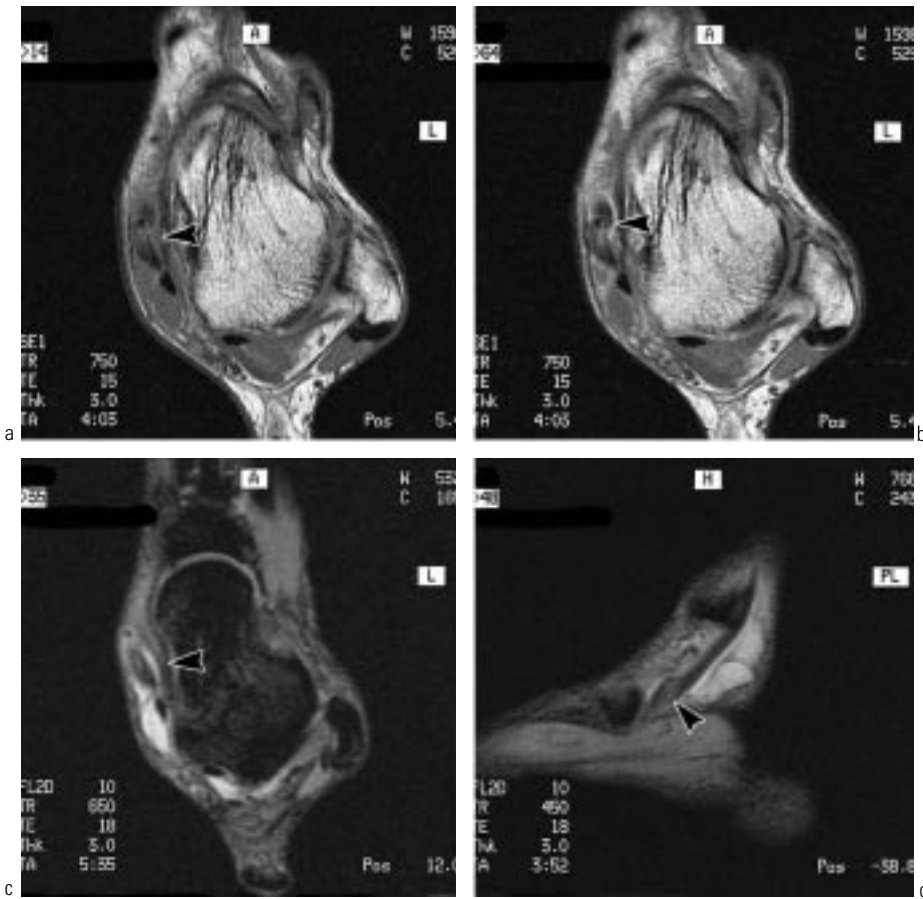
**Fig. 10 :** Douleur latérale de la cheville persistant 3 mois après une entorse. Ténoscanner des tendons fibulaires. Coupe frontale. Les deux tendons fibulaires sont normaux. Par contre, on constate qu'il existe un passage de produit de contraste dans l'articulation talo-crurale, donc une déchirure du ligament calcanéo-fibulaire, un passage dans les gaines des tendons médiaux, considéré comme physiologique, mais surtout une fracture du processus latéral du talus, non visible sur les clichés simples, cause réelle de la douleur résiduelle.

**Fig. 10 :** Persistent lateral pain of the ankle 3 months after a sprain. CT scan after injection of contrast in the fibular sheath. The fibular tendons are without particularity, but there is a passage of the dye in the talo-crural articulation, indicating a torn calcaneo-fibular ligament, and above all, a fracture of the lateral process of the talus, which was the real cause of the persistent pain.

Le diagnostic étiologique est basé sur le contexte clinique, la biologie, et surtout sur l'analyse du liquide d'épanchement péri-tendineux, qui prime sur l'imagerie. Celle-ci se contente d'affirmer le diagnostic de ténosynovite, en apportant parfois des signes d'orientation (corps étranger intra ou para-tendineux, signes d'ostéite ou d'arthrite voisins, signes d'enthésopathie inflammatoire.) Dès lors, pour le diagnostic des tendinopathies non mécaniques, les clichés simples et l'échographie suffisent le plus souvent en guidant la ponction. En dehors de quelques signes d'orientation, la sémiologie TDM et IRM est peu spécifique.

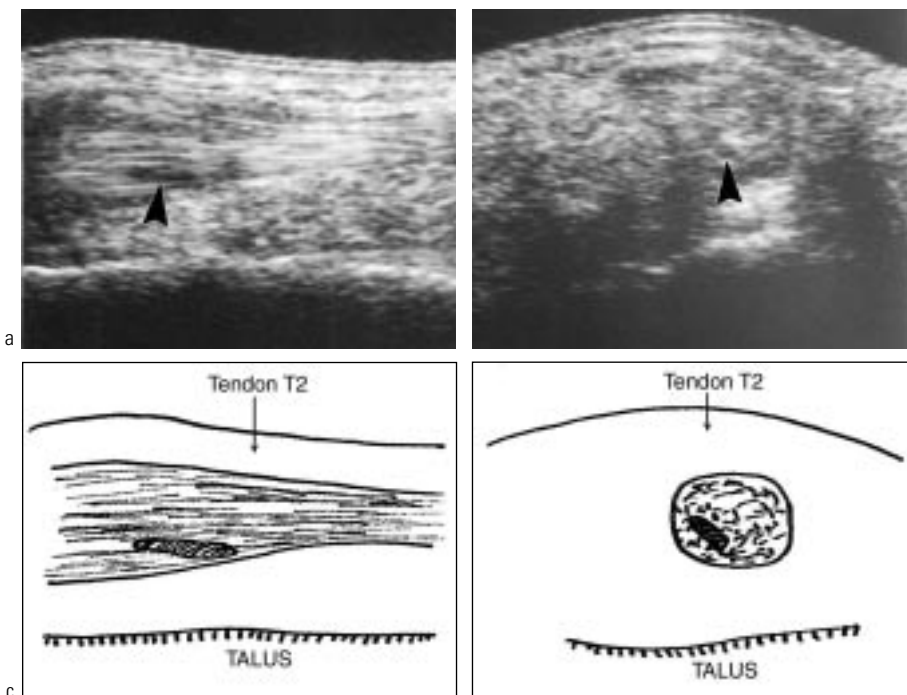
## FISSURES DE FATIGUE

Qu'elles soient secondaires à des contraintes anormalement élevées sur os sain (fractures de fatigue) ou à des contraintes physiologiques sur os fragilisé (fractures par insuffisance), leur sémiologie est la même. On peut en distinguer trois types au niveau du pied et de la cheville.



**Fig. 11 (a-d) :** Tendinopathie distale du tendon tibial postérieur. Coupes IRM axiales pondérées en T1 **(a)**, en T1 après injection intraveineuse de chélats de Gadolinium **(b)**, en T2 **(c)**. Coupe sagittale T2 **(d)**. Présence d'une plage en hypersignal au sein du tendon tibial postérieur (tête de flèche). La comparaison des coupes T1 sans préparation et après injection de contraste montre que l'hypersignal péri-tendineux visible en T2 **(c et d)** correspond à une synovite, dans la mesure où existe un rehaussement de signal. Par contre, l'hypersignal visible autour du tendon fléchisseur commun des orteils correspond à un épanchement (pas de rehaussement).

**Fig. 11 (a-d) :** Distal tendinopathy of the posterior tibial tendon. Axial MRI slices T1 weighted before **(a)** and after **(b)** intravenous injection of Gadolinium. Axial T2 weighted slice **(c)**. Sagittal T2 slice **(d)**. Hypersignal area into and around the distal part of the posterior tibial tendon (arrowhead). The comparison between T1 slices before and after contrast shows that the hypersignal area around the posterior tibial tendon is in fact due to synovial tissue (enhancement after injection). In the opposite, the hypersignal around the digitorum flexor longus tendon is due to a effusion in its sheath (no enhancement).



**Fig. 12 (a-d) :** Tendinopathie fissuraire du tendon tibial postérieur dans sa portion horizontale pré-malléolaire médiale.

**a :** échographie sagittale.

**b :** échographie frontale.

**c et d :** schémas correspondants.

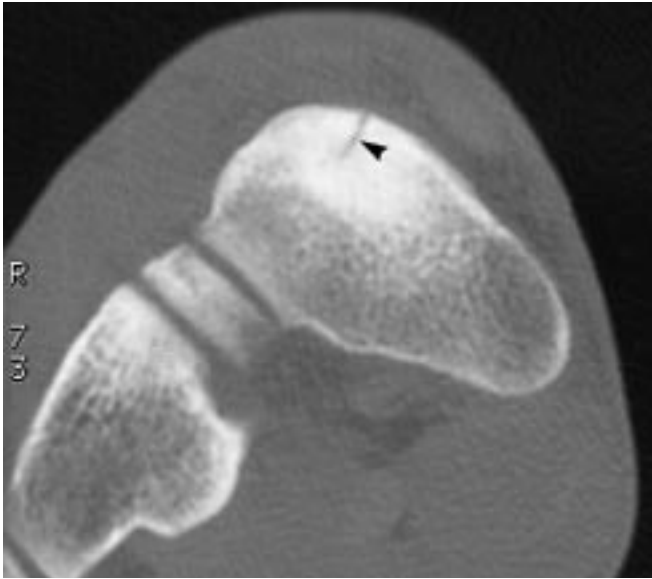
Mise en évidence d'une augmentation de calibre du tendon qui contient une zone allongée hypoéchogène (têtes de flèches) correspondant à une fissure.

**Fig. 12 (a-d) :** Split distal posterior tibial tendon.

Sagittal **(a)** and frontal **(b)** US study.

**c and d :** corresponding schemata. Swelling of the tendon. It contains a long hypo-echogenic area (arrowheads), which corresponds to a split.





**Fig. 13 :** Fissure de contrainte de l'os naviculaire chez un coureur à pied. Coupe TDM frontale (tête de flèche). Les clichés simples étaient normaux.

**Fig. 13:** Stress fracture of the navicular bone in a runner. Frontal CT scan (arrowhead). The X-rays were normal.

### 1. Les Fractures diaphysaires des os longs

Les clichés simples sont normaux au début, puis en 10 à 15 jours apparaît une fine ligne claire perpendiculaire à la diaphyse, et enfin un cal. Le problème se pose donc au début de l'évolution, quand les clichés sont encore normaux. La TDM, à ce stade, n'est guère plus contributive que les clichés simples. La scintigraphie fixe d'emblée. L'IRM est également précocement positive : il existe une plage intra et péri-osseuse en hyposignal en T1 et en hypersignal en T2. L'injection intraveineuse de Gadolinium provoque un rehaussement de signal qui démasque le trait de fracture, demeuré en hyposignal. Plutôt que d'avoir recours à ces examens lourds, on peut simplement attendre 15 jours, et refaire un cliché : le cal débutant est en règle évident après ce délai. Pour certains os superficiels (métatarsien), il est un moyen économique et immédiat de résoudre ce problème : l'échographie peut mettre en évidence une augmentation focale d'épaisseur du périoste (hématome, œdème) en regard de la fracture, alors que les clichés simples sont encore rigoureusement normaux. Nous y avons systématiquement recours en cas de négativité des clichés.

### 2. Les Fractures de l'os spongieux

Après une phase de normalité initiale, comme précédemment, la fracture se traduit sur les clichés simples (ou en TDM) par la présence d'une bande dense et irrégulière perpendiculaire aux lignes de forces du spongieux. La sémiologie IRM est la même que dans les fractures diaphysaires. La scintigraphie est d'emblée positive. Ces fractures sont de diagnostic plus difficile que celles des os longs. Elles peuvent entraîner une algodystrophie, et égarer le diagnostic, ce qui justifie parfois le recours au scanner ou à l'IRM. Il existe deux exceptions aux types précédents : les fractures longitudinales du tibia ou de la fibula, et les fractures de l'os naviculaire, où le trait n'est pas perpendiculaire, mais parallèle aux lignes de forces (*fig. 13*). Ces deux fractures se voient sans difficulté en TDM.

### 3. Les Fractures d'un processus (processus latéral du talus), ou d'un ossicule (os sésamoïde)

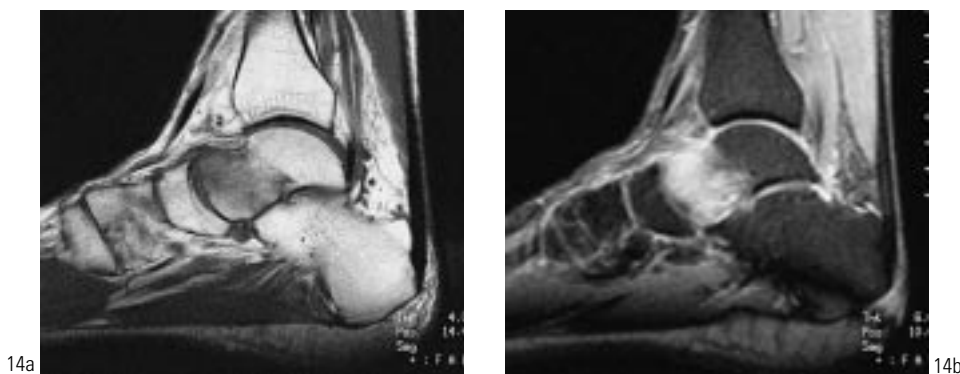
Ces fractures consolident mal, et sont responsables de pseudarthrose, voire souvent de nécrose. Elles entraînent une condensation du processus ou de l'osicule, mieux visible en TDM qu'en IRM.

## ALGONEURODYSTROPHIE

L'algodystrophie du pied et de la cheville est fréquente (2/3 des algodystrophies du membre inférieur) et singulière. Elle survient dans la moitié des cas après un traumatisme local. Elle est susceptible d'avoir une évolution nettement plus longue que les autres sites (supérieure à un an) et, si c'est le cas, d'être à l'origine de séquelles trophiques. Comme dans les autres sites, le diagnostic est essentiellement clinique. Il existe un important décalage initial et final entre les signes cliniques et les signes radiologiques (clichés simples et TDM) classiques. La sémiologie IRM est très différente de celle, habituelle, observée au niveau de la hanche ou du genou : des signes cliniques, radiologiques et scintigraphiques typiques peuvent coexister avec une IRM subnormale, à tel point que Koch *et al.* (6) parlent d'échec de l'IRM dans cette localisation. En fait Malghem *et al.* (7) sur une série de 14 algoneurodystrophies du pied, ont remarqué 7 fois des anomalies de signal intra-osseux (hypo-intensité en T1, hyperintensité en T2 et surtout en STIR). Ils considèrent que ces anomalies ont pour caractéristique de ne pas être diffuses, et de ne se superposer ni à la raréfaction des travées spongieuses visibles sur les clichés simples, ni à l'œdème clinique et à la fixation scintigraphique. Les anomalies de signal sont discrètes, le plus souvent sous-chondrales, transitoires et migratrices. Ces auteurs suggèrent qu'il pourrait s'agir d'images d'impaction de l'os spongieux. Comme au niveau de la hanche, l'algoneurodystrophie pourrait donc être la conséquence, mais aussi la cause de fractures de contraintes. L'utilisation systématique de séquences T2 très sensibles à l'eau (STIR, T2 écho de spin rapide après suppression du signal de la graisse) fait apparaître régulièrement des images d'hypersignal intra-osseux qui n'étaient pas visibles en T2 écho de gradient (*fig. 14*) (en raison d'artefact dit de susceptibilité magnétique), d'où le nombre d'échecs initiaux à une époque où ce type de séquences était employé en routine. L'IRM (avec séquences T1 et STIR, ou T2 écho de spin rapide avec suppression du signal de la graisse) est le meilleur examen pour la mise en évidence d'une algoneurodystrophie, surtout parcellaire ou discrète. Cependant, si le tableau clinique et/ou la scintigraphie sont typiques, et que la question posée n'est pas « Y-a-t-il une algodystrophie ? », mais « Y-a-t-il une étiologie à l'algodystrophie constatée cliniquement ? », il peut être plus utile de faire un scanner, infiniment moins sensible que l'IRM, mais qui montre mieux que cette dernière, une des causes principales de l'algodystrophie : les fractures de fatigue (*fig. 15*).

## PATHOLOGIE INTER-CAPITOMÉTATARSIENNE

L'hallux valgus est la pathologie la plus fréquente de l'avant-pied. Son exploration se limite le plus souvent à des clichés simples.



**Fig. 14 (a et b) :** Algodystrophie partielle de la tête du talus. **a :** coupe sagittale pondérée en T1 ; **b :** même coupe pondérée en densité de protons après suppression du signal de la graisse. Hyposignal de la tête du talus en T1, hypersignal en densité de protons. Les clichés simples étaient normaux.

**Fig. 14 (a and b):** Partial algodystrophy of the talus head; **a:** sagittal T1 weighted slice; **b:** same slice in proton density with fat suppression. T1 hyposignal of the talus head, and hypersignal in proton density. The simple X-rays were normal.

**Fig. 15 :** Fissure de contrainte de la base du 2<sup>e</sup> métatarsien chez un danseur. Douleur locale. Coupe TDM parallèle à la plante des pieds. Les clichés simples n'étaient pas contributifs. En IRM, il existait un hyposignal en T1 et un hypersignal en T2 du 2<sup>e</sup> métatarsien et de la région voisine, sans mise en évidence de l'étiologie. L'examen TDM a permis de mettre en évidence la fissure (tête de flèche) et d'adapter le traitement.

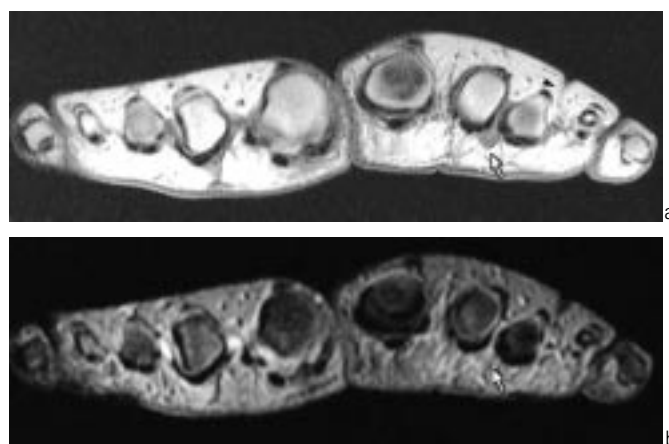
**Fig. 15:** Stress fracture of the 2<sup>nd</sup> metatarsal bone base in a ballet dancer. Local pain. CT scan parallel to the sole. The X-rays were normal. The MRI study showed an hyposignal T1 and hypersignal T2 area, in the proximal part of the metatarsal bone and the surrounding region, without showing a focal lesion. The CT scan has put in evidence the fracture (arrowhead), permitting a correct treatment.



Cependant, l'hallux valgus est susceptible de s'accompagner de nombreuses autres pathologies des orteils latéraux, avec lesquelles il constitue un ensemble complexe, nécessitant une thérapeutique globale. Les douleurs de la région capitométatarsienne des rayons latéraux sont souvent de diagnostic clinique délicat. Elles peuvent parfois nécessiter des examens complémentaires si la clinique reste hésitante. On peut les diviser en 5 principales étiologies : le névrome de Morton, la bursite inter-capitométatarsienne, la bursite sous-capitométatarsienne, le syndrome d'instabilité du 2<sup>e</sup> ou du 3<sup>e</sup> rayon, la ténosynovite des fléchisseurs.

### 1. Le Névrome de Morton

Le névrome de Morton n'a aucune expression sur les clichés simples. Les résultats de l'échographie, quoiqu'en progrès très rapide, paraissent encore incertains (8, 9), sauf pour Redd *et al.* (10) qui obtiennent, sur une série de 45 cas vérifiés, aucun faux positif et deux faux négatifs. Un névrome se présente comme une zone ovoïde hypoéchogène bien limitée. Nous avons été, à notre connaissance, les premiers à publier l'aspect TDM des névromes de Morton (1) : masse ovoïde, située dans le 2<sup>e</sup> ou le 3<sup>e</sup> espace, quelques millimètres en arrière de l'interligne métatarso-phalangien, bien limitée, de densité musculaire, à bord inférieur convexe, bien séparée de la graisse sous-jacente, située en hauteur dans la partie moyenne ou plantaire de l'espace, mesurant le plus souvent de 5 à 10 mm de diamètre, prenant peu ou pas le produit de contraste iodé. En IRM, l'aspect morphologique du névrome est le même. En T1, il est toujours en hyposignal. En T2, son signal est variable : hypo, ou plus souvent hypersignal, voire signal mixte (hyposignal coiffé d'une petite zone en hypersignal). Sa prise de contraste est également variable : les névromes apparaissant en hypersignal en T2 prennent en règle générale le contraste, ceux qui restent en hyposignal ne le prennent pas. L'imagerie moderne a montré le caractère très souvent bilatéral (près de la moitié des cas) et multiple des névromes. Dans



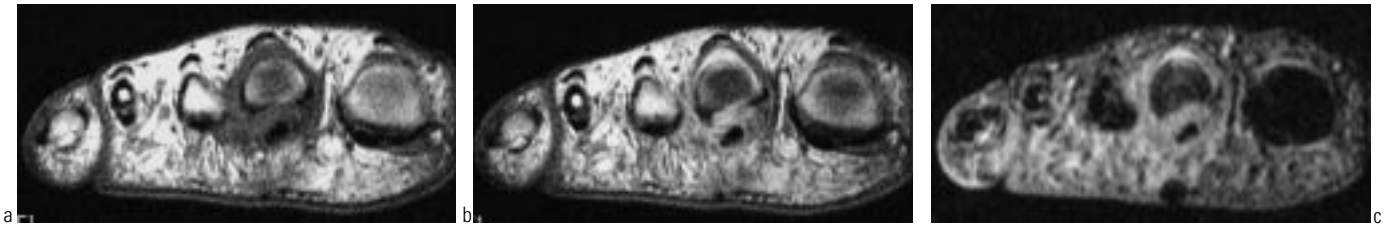
**Fig. 16 (a et b) :** Névrome de Morton. Coupes IRM axiales pondérées en T1 (**a**) et en T2 (**b**). Ablation chirurgicale d'un névrome de Morton du 3<sup>e</sup> espace. Persistance de douleurs après l'intervention. L'IRM met en évidence la cicatrice d'exérèse dorsale du névrome en regard du 3<sup>e</sup> espace inter-capitométatarsien (tête de flèche) et un second névrome « oublié » dans le 2<sup>e</sup> espace (flèche). Nouvelle exérèse. Guérison.

**Fig. 16 (a and b):** Post-surgical forgotten Morton's neuroma. Axial MRI T1 (**a**) and T2 (**b**) weighted slices. Surgical removal of a 3<sup>rd</sup> space Morton's neuroma. A surgical scar can be seen on the T1 slice in front of the dorsal aspect of the 3<sup>rd</sup> intermetatarsal space (arrowhead), and a forgotten neuroma in the 2<sup>nd</sup>. Surgical removal. Healing.

un cas sur cinq, existent deux névromes du même côté, l'un dans le 2<sup>e</sup> espace, l'autre dans le 3<sup>e</sup>, ce qui explique nombre d'échecs postopératoires (*fig. 16*).

### 2. La Bursite inter-capitométatarsienne

La bursite inter-capitométatarsienne peut être d'origine mécanique, ou secondaire à un rhumatisme inflammatoire. Elle se présente en TDM comme une plage de densité comparable à celle du muscle, située entre deux têtes métatarsiennes, le plus sou-



**Fig. 17 (a-c) :** Syndrome d'instabilité du 2<sup>e</sup> rayon droit. Coupes IRM axiales pondérées en T1 (a), en T1 après injection intraveineuse de chélets de Gadolinium (b) et en T2 (c). Hypertrophie de la synoviale de la 2<sup>e</sup> articulation métatarso-phalangienne et de la gaine du tendon fléchisseur correspondant, avec fort rehaussement de signal après injection IV de contraste. Le tendon en lui-même demeure normal.

**Fig. 17 (a-c):** Instability syndrome of the right 2<sup>nd</sup> ray. Axial MRI slices T1 weighted before (a) and after (b) intravenous injection of Gadolinium. Axial T2 weighted slice (c). Swelling of the synovial membrane of the 2<sup>nd</sup> metatarso-phalangeal articulation, and of the corresponding flexor tendon sheath, with an important enhancement after contrast. The tendon itself remains normal.

vent aplatie transversalement. Le diagnostic différentiel avec un petit névrome de Morton est difficile. En IRM, la bursite apparaît comme une zone en hyposignal en T1, ne prenant le contraste qu'en périphérie, et devenant en hypersignal franc en T2. En échographie, il s'agit d'une plage hypoéchogène qui se déforme sous la pression de la sonde.

### 3. La Bursite sous-capitométatarsienne

La bursite sous-capitométatarsienne a la même sémiologie que la précédente, mais se situe sous une tête métatarsienne, dont l'appui est en général anormal. Elle peut être calcifiée. Le tendon fléchisseur demeure normal, ainsi que l'articulation. Elle est très bien analysable en échographie, où elle apparaît comme une zone hypoéchogène, en TDM et en IRM.

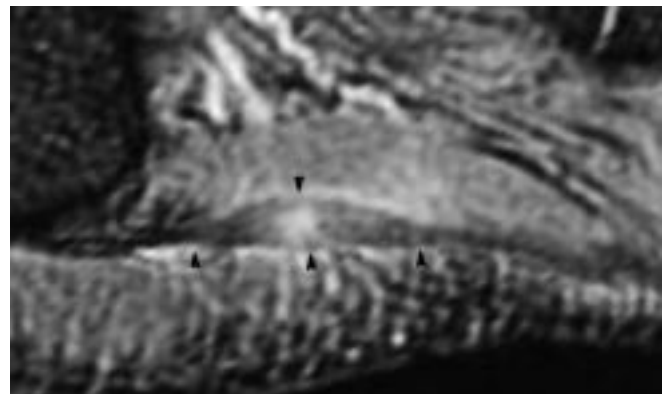
### 4. Le Syndrome d'instabilité du 2<sup>e</sup> ou du 3<sup>e</sup> rayon

Le syndrome d'instabilité du 2<sup>e</sup> ou du 3<sup>e</sup> rayon résulte d'une arthropathie mécanique de la 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> articulation métatarso-phalangienne, favorisée par une insuffisance fonctionnelle du 1<sup>er</sup> rayon et un métatarsien long au niveau du rayon affecté. L'affection évolue en trois temps (11) : instabilité de l'articulation, subluxation dorsale de l'orteil avec réaction inflammatoire locale, puis déformation fixée de l'orteil. Radiologiquement, on observe au début un épanchement intra-articulaire (bien visible en échographie), avec un petit élargissement de l'interligne articulaire, et parfois une tête métatarsienne un peu basse sur l'incidence de Walter-Müller. Puis apparaissent un pincement de l'interligne, une subluxation dorsale de l'orteil, avec hypertrophie de la synoviale articulaire et du tendon fléchisseur, et avec un épanchement intra-articulaire, et enfin une subluxation fixée de l'orteil. L'épanchement, l'hypertrophie de la synoviale et la subluxation de la base de la première phalange ont une expression TDM et IRM (fig. 17). Cette pathologie constitue en réalité le diagnostic différentiel principal du névrome de Morton, dans la mesure où la bursite inter-capitométatarsienne est rare. Comme le traitement des deux affections est très différent, le recours à l'IRM en cas de doute ne nous paraît pas abusif.

### 5. La Ténosynovite des fléchisseurs

La ténosynovite des fléchisseurs peut être mécanique ou inflammatoire et n'a pas de particularité par rapport aux autres ténosynovites. Elle accompagne fréquemment le syndrome d'instabilité.

Après des clichés simples en charge, indispensables pour comprendre les particularités de l'architecture de l'avant-pied, si un examen complémentaire est souhaitable pour venir en aide à



**Fig. 18 :** Aponévrosite plantaire. Coupe IRM sagittale pondérée en T2. L'aponévrose plantaire est épaissie (têtes de flèche) et comprend des zones en hypersignal, ainsi que le muscle court fléchisseur plantaire adjacent.

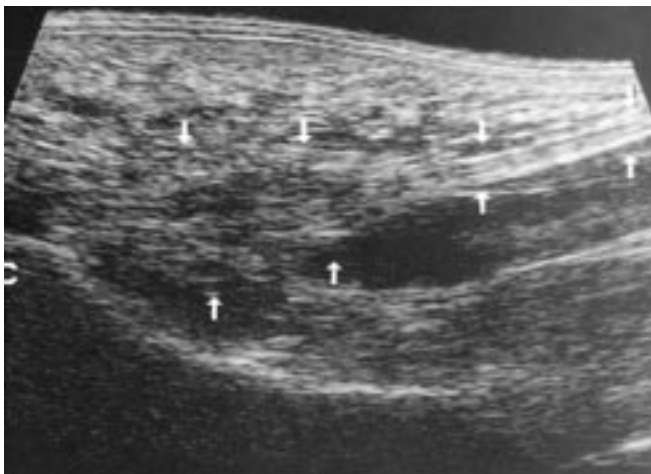
**Fig. 18:** Plantar aponeurosis. Sagittal T2 weighted MRI slice. The plantar aponeurosis is thickened and contains hypersignal areas.

une clinique atypique (c'est loin d'être l'hypothèse la plus fréquente), l'IRM d'emblée nous paraît la plus à même de trancher à coup sûr entre les différentes hypothèses sus-citées. À défaut, un examen scanographique en échographie peut être réalisé.

## PATHOLOGIE DE LA PLANTE DU PIED

En pratique, mis à part les difficiles problèmes que pose le pied diabétique que nous n'aborderons pas ici, les problèmes rencontrés au niveau de la plante sont les lésions de l'aponévrose plantaire et les corps étrangers et, beaucoup plus rarement, les tumeurs.

Bien que l'IRM reste l'examen de référence pour l'exploration de l'aponévrose plantaire (fig. 18), celui qui a permis le démembrement de ses différentes pathologies, il est actuellement un fait : toutes les pathologies de l'aponévrose plantaire se traduisent en échographie par une augmentation de l'épaisseur de cette dernière et par une diminution de son échogénicité (fig. 19). Ceci permet de poser le diagnostic de lésion aponévrotique. Comme le traitement est dans l'immense majorité des cas fonctionnel, l'échographie répond à la question du clinicien et suffit au traitement. L'IRM est donc en général superflue, en dehors de quelques indications opératoires, exceptionnelles ou



**Fig. 19 :** Aponévrosite plantaire. Échographie sagittale. L'aponévrose plantaire est épaissie (flèches) et hypoechogène, surtout par rapport à sa partie antérieure saine, à droite de la figure.

**Fig. 19:** Plantar aponeurosis. Sagittal US study. The plantar aponeurosis is thickened (arrows) and hypoechogenic, especially in comparison with its anterior normal part, on the right side of the figure.

de difficultés techniques de l'échographie (à noter que, même dans ces cas, le scanner, qui expose également bien l'aponévrose, suffit souvent). De même le diagnostic de maladie de Ledderhose (épaississement fibreux localisé de l'aponévrose plantaire) se fait sans difficulté en échographie.

La localisation échographique des corps étrangers radiotransparents ne pose pas de difficulté.

Les lésions tumorales sont rares mais non exceptionnelles au niveau de la plante. Elles sont dominées par le redoutable synoviosarcome, dont l'aspect régulier et bien limité est faussement rassurant. Compte tenu de la gravité du pronostic, il va de soi que toute suspicion de lésion tumorale plantaire implique la réalisation de l'examen le plus performant à ce niveau, c'est-à-dire l'IRM avec injection de contraste.

## CONCLUSION

Les clichés simples des pieds et des chevilles demeurent toujours indispensables. Ils doivent être de qualité parfaite, filtrés, en

charge, comparatifs, et soigneusement lus. L'échographie est actuellement à même de résoudre, de façon simple anodine et économique, de nombreux problèmes de tendons et de ligaments, ceux que pose l'aponévrose plantaire, certaines fractures de fatigue, et certaines pathologies de l'avant-pied. Le scanner (et surtout l'arthroscanner) reste le meilleur examen pour tout ce qui concerne la pathologie mécanique du pied (surtout de l'arrière et du médio-pied) et de la cheville. L'IRM a donc, selon nous, des indications limitées, mais cette technique est très performante dans les problèmes d'algoneurodystrophie, les problèmes tendineux non résolus par l'échographie, les tumeurs des parties molles, et les pathologies de l'avant-pied.

## Références

1. Morvan G, Busson J, Wybier M. Tomodensitométrie du pied et de la cheville. Paris : Masson ; 1991.
2. Copin G, Kempf I. Fractures de l'astragale. *Encycl Méd Chir, Paris, Appareil locomoteur*, 14091 A10, 5, 1986.
3. Zinman C, Wolfson N, Reis ND. Osteochondritis dissecans of the dome of the talus. *Computed tomography scanning in diagnosis and follow-up. J Bone Joint Surg Am* 1988;70:1017-9.
4. Berndt AL, Harty M. Transchondral fractures (osteochondritis dissecans) of the talus. *J Bone Joint Surg* 1959;41-A:988-1020.
5. Lopez, Baixas P, Cyteval C. Les tendons de la cheville et du pied. In : Morvan G, editor. *Pied et cheville. GETROA opus XVIII*. Montpellier : Sauramps Médical ; 1991. p. 171-81.
6. Koch E, Hofer HO, Sialer G, Marincek B, Von Schulthess GK. Failure of MR imaging to detect reflex sympathetic dystrophy of the extremities. *AJR* 1991;156:113-5.
7. Malghem J, Vande Berg B, Maldague B. Algodystrophie du pied. Aspects radiologiques classiques et insolites. In : Morvan G, editor. *Pied et cheville. GETROA opus XVIII*, Montpellier : Sauramps Médical ; 1991. p. 213-26.
8. Denis A, Ollivier L, Kowalski E. Apport de l'échographie pour le diagnostic de la maladie de Morton. In : *Actualités en médecine et chirurgie du pied*. Paris : Masson ; 1987. p. 68-78.
9. Benamou P, Chevrot A, Dupont AM, et al. Données récentes sur l'imagerie dans le syndrome de Morton. À propos de 19 cas. *Méd Chir Pied* 1992;8:165-72.
10. Redd RA, Peters VJ, Emery SF, Branch HM, Rifkin MD. Morton neuroma: sonographic evaluation. *Radiology* 1989;171:415-7.
11. Denis A, Huber-Levernieux C, David A. Syndrome douloureux du deuxième rayon métatarso-phalangien. In : De Seze S, Ryckewaert A, Kahn MF, Caroit M, editors. *L'actualité rhumatologique* 1978. Paris : Expansion Scientifique Française ; 1979. p. 140-7.