

IMAGERIE DU PIED DOULOUREUX CHEZ L'ENFANT

JF. Chateil, M. Yvert, M. Brun – CHU Bordeaux

Les douleurs du pied, éventuellement associées à un trouble de la statique du pied, ne doivent pas être banalisées chez l'enfant et l'adolescent. L'imagerie est le complément logique de l'examen clinique du pied. Les radiographies conventionnelles restent, dans la plupart des cas, le premier examen à réaliser. D'autres explorations peuvent venir compléter cette étude, en fonction de la pathologie suspectée ou dans le bilan pré-thérapeutique d'une affection donnée.

L'échographie permet l'étude des ligaments, des espaces péri articulaires et du périoste. Les deux autres méthodes sont la tomodensitométrie et l'IRM. Elles permettent une étude morphologique d'une part, une appréciation plus précise de la structure osseuse et des tissus mous d'autre part. L'IRM, mieux que la TDM, étudie les différents compartiments : articulaires, osseux, ligamentaires. Il faut adjoindre la scintigraphie osseuse, qui peut permettre de focaliser l'attention sur une zone d'hyperfixation pour guider les autres examens. Les autres explorations en imagerie (arthrographie, angiographie) sont d'indications plus exceptionnelles chez l'enfant et ne seront pas détaillées ici.

Pour progresser dans la démarche diagnostique, il faut tout d'abord connaître les variantes anatomiques en imagerie chez l'enfant. Parmi les différentes pathologies, il faut savoir rechercher une synostose du tarse postérieur et connaître les signes des ostéochondroses et ostéochondrites du tarse. Les autres étiologies sont les pathologies traumatiques, infectieuses, inflammatoires et, rarement, tumorales. Nous ne traiterons pas ici des pieds bots vus en période néonatale, ni des traumatismes patents à la phase aiguë.

Techniques d'imagerie

Radiographies conventionnelles du pied

C'est le plus souvent le premier examen complémentaire demandé par le clinicien. La réalisation des différentes incidences est guidée par la localisation des troubles et par le type de pathologie suspectée. Sur le plan technique, les incidences de référence sont les suivantes :

Principales incidences :

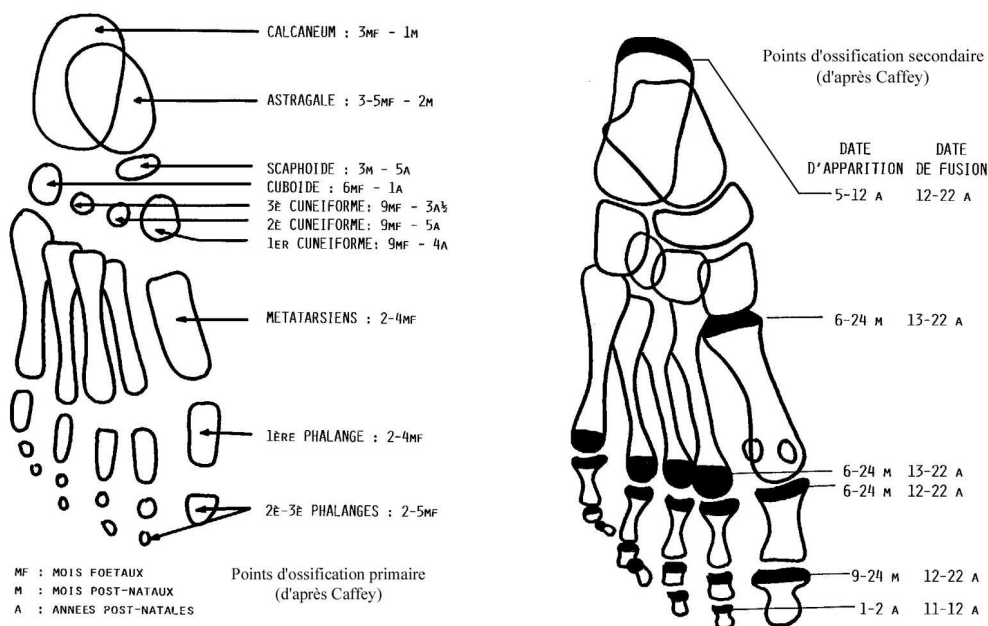
- **Radiographie de face du pied** : réalisée en décubitus, elle permet de bien analyser le tarse antérieur, les métatarses et les orteils mais c'est une mauvaise incidence pour le tarse postérieur.
- **Radiographie du pied de profil** : c'est une bonne incidence pour la région tibio-tarsienne, le tarse postérieur et l'interligne de Chopart. Elle est moins utile pour le tarse antérieur et l'interligne de Lisfranc ; la superposition des métatarsiens et des orteils empêche une analyse correcte à ce niveau.
- **Radiographie du pied en oblique** : cette incidence déroule bien l'ensemble des métatarsiens et des phalanges en complément de l'incidence de face. Elle permet également l'étude du tarse antérieur mais les trois os cunéiformes se superposent. Au niveau du tarse postérieur, seul le bec de la grande apophyse du calcaneus est bien dégagé. Une variante de cette incidence peut être réalisée en procubitus, permettant ainsi une bonne analyse de l'ensemble de l'interligne de Lisfranc, des cunéiformes et des bases des métatarsiens. Elle peut être délicate à réaliser en cas de traumatisme.
- **Radiographies de la cheville de face et de profil** : elles permettent de bien étudier l'articulation tibio-tarsienne avec la poulie du talus, le plan tibial, les malléoles interne et externe, le tarse postérieur de profil. Il faut prendre garde à la parfaite orthogonalité

du plan bi-malléolaire par rapport au rayon incident (de face) ou capteur (de profil) pour pouvoir interpréter correctement les rapports ostéo-articulaires.

- **Incidence axiale du calcaneus, dite rétro-tibiale** : elle permet l'analyse de la partie postérieure du calcaneus. Elle n'est pas toujours aisée à réaliser en particulier en cas de traumatisme.
- **Autres incidences** : elles sont rarement réalisées chez l'enfant en-dehors, parfois, de l'incidence des sésamoïdes. La tomodynamométrie permet, si nécessaire, une étude plus précise des différents rapports articulaires en particulier au niveau du tarse.

Ossification du pied et variantes de la normale

L'ossification du pied se fait à partir des points d'ossification primaire, présents à la naissance, et des points d'ossification secondaires apparaissant de la naissance jusqu'à l'âge de 12 ans.



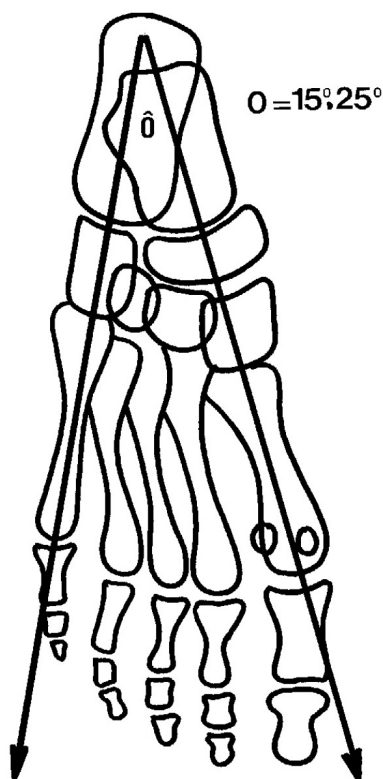
Les variantes de la normale sont extrêmement fréquentes et posent parfois des problèmes de diagnostic. Il existe différents livres de référence. Sur le plan pratique, il faut toujours confronter les images observées et les signes cliniques. La réalisation de clichés comparatifs ne permet pas toujours de trancher car les variantes peuvent être unilatérales.

- Les principaux os surnuméraires sont :
 - **l'os tibial externe** : il coiffe le tubercule du naviculaire et correspond au sésamoïde du jambier postérieur. Souvent bilatéral, il peut être double. Il est parfois soudé au naviculaire. Il peut poser des problèmes de diagnostic différentiel avec une fracture initialement méconnue.
 - **l'os péronier** : il est situé au bord inféro-externe du cuboïde, c'est le sésamoïde du tendon du long péronier latéral.
 - **l'os trigone** : il est situé à la face postérieure du talus, près de la tubérosité externe, il peut être soudé ou articulé avec l'apophyse postérieure du talus.
- Les autres variantes de la normale : les pièges les plus fréquents sont les suivants :
 - **la corne du talus** correspond à une hypertrophie non pathologique de la crête d'insertion de la capsule sur le col. Il ne faut pas la confondre avec une exostose ou un ostéome ostéoïde sous-périosté.

- une fausse image **de kyste du calcanéus** est fréquemment rencontrée : elle est construite par l'entrecroisement en arc-boutant des travées du système thalamique et du système apophysaire antérieur, qui délimitent une zone de tissu spongieux raréfié triangulaire à base inférieure qui simule un kyste. En cas de doute, on peut être amené à réaliser un scanner voire une IRM pour apprécier le contenu de ce "kyste". Lorsqu'il s'agit simplement d'une variante de la normale, le contenu est strictement graisseux.
- le **noyau d'ossification secondaire du calcanéus** qui apparaît entre 5 et 12 ans est souvent fragmenté et condensé. Cet aspect est normal et ne doit pas être interprété comme une ostéochondrose.
- l'**apophyse styloïde du 5^e métatarsien** présente souvent un point d'ossification secondaire qu'il ne faut pas confondre avec une fracture. Le cartilage est sagittal, parallèle au grand axe de l'os alors que les fractures survenant à ce niveau sont en général transversales, perpendiculaires à l'axe du 5^e métatarsien. Il peut toutefois exister une fracture ou un arrachement de ce point d'ossification.
- les **sésamoïdes du gros orteil** sont souvent bipartites ou multipartites. Le diagnostic peut être difficile avec une fracture de fatigue. En cas de fracture, le trait est irrégulier, en ligne brisée. En cas de bipartition, les bords sont réguliers avec une corticale bien dessinée.

Etude statique du pied chez le grand enfant

Elle vient en complément de l'examen clinique, de l'étude de la marche et des points d'appui observés au podoscope, lorsqu'un trouble de la statique est suspecté. Les différentes incidences radiologiques ont les suivantes :



- **Radiographie des pieds de face en position debout** : sur le plan technique, l'incidence la plus facile à réaliser permet de bien étudier le tarse antérieur, les métatarses et les phalanges. Cette incidence permet de réaliser différentes mensurations : deux axes sont importants chez l'enfant et déterminent l'angle α : l'axe calcanéen et l'axe astragalien. Ces 2 axes font un angle de 15 à 25°, appelé angle de divergence astragalo-calcaneenne (cet angle s'accroît dans le pied plat et se ferme dans le pied creux).

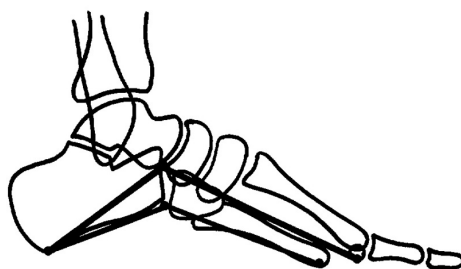
- L'axe du talus correspond à celui de l'arche interne et se poursuit par la partie moyenne du naviculaire, le cunéiforme et le 1^e métatarsien qui sont alignés.

- L'axe du calcanéus correspond à celui de l'arche externe et passe par la partie moyenne du cuboïde et par le 5^e métatarsien qui sont alignés.

- L'axe du 2^e métatarsien fait un angle de 5 à 10° en-dehors avec celui du talus (La position du 1^e métatarsien par rapport à l'axe astragalien est l'élément de référence principal pour apprécier l'adduction ou l'abduction métatarsienne).

- **Incidence du pied de profil en charge** : elle permet une bonne étude de l'ensemble du squelette du pied en appui avec appréciation de l'arche interne et de l'arche externe. De multiples techniques d'analyse sont proposées. Les plus utilisées sont les suivantes :
 - *Mesure de l'arche interne* : l'arche interne est représentée par 2 lignes :
 - une ligne antérieure qui joint le point le plus inférieur de l'articulation astragalo-scaphoïdienne à la base du sésamoïde du 1^e métatarsien
 - une ligne postérieure qui joint le point le plus inférieur de l'articulation astragalo-scaphoïdienne au point postérieur le plus bas du calcaneus.

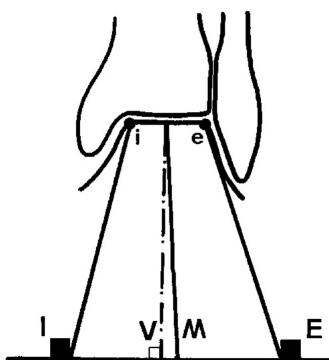
L'angle formé correspond à l'angle de l'arche interne dont la valeur normale est de 120 à 125° avec des déviations standard acceptables de 115 à 137°.



- *Mesure de l'arche externe* : l'arche externe est représentée par 2 lignes :
 - une ligne antérieure qui joint le point le plus inférieur de l'articulation calcanéocuboïdienne au point d'appui de la tête du 5^e métatarsien
 - une ligne postérieure qui joint le point le plus inférieur de l'articulation calcanéocuboïdienne au point d'appui postérieur du calcaneus.

Cet angle obtus doit toujours être ouvert vers le bas. Sa valeur se situe entre 130 et 140°.

- **Radiographie axiale de l'arrière-pied en charge** : cette incidence est indiquée pour rechercher un valgus ou un varus de l'arrière-pied en réalisant la construction suivante:



- les points i et e représentent l'extrémité interne et externe du bord supérieur de la poulie astragalienne.
- les points I et E représentent les repères métalliques interne et externe.
- le quadrilatère i, e, I, E représente le quadrilatère d'appui de l'arrière-pied. Ce trapèze est asymétrique à base externe.
- L'axe passant par le milieu des bases détermine avec la verticale un angle VM de valgus physiologique de 8° environ.

Tomodensitométrie

Les différentes indications sont :

- les traumatismes, en particulier au niveau de l'arrière-pied ;
- la recherche de synostoses, en particulier au niveau astragalo-calcaneen ;
- la pathologie osseuse tumorale, en particulier pour les lésions osseuses bénignes : recherche d'ostéome ostéoïde, exploration d'un kyste osseux. Si une lésion de nature maligne est suspectée sur les clichés simples, il est plus judicieux, si possible, de réaliser plutôt une IRM.

Les coupes sont réalisées dans le plan axial, avec des reconstructions selon les plans de références. Il faut privilégier des algorithmes de reconstruction favorisant la résolution spatiale. Il peut être intéressant de focaliser d'emblée l'examen sur le pied anormal, mais l'autre pied peut être inclus dans le champ d'exploration, et il est parfois utile de pouvoir comparer les 2 côtés. La réalisation d'une injection de produit de contraste n'est pas obligatoire. Elle est utile dans certaines pathologies tumorales ou infectieuses, mais l'IRM est souvent préférable dans ce cas. L'étude des tissus mous est également possible en tomodensitométrie mais celle-ci est actuellement de meilleure qualité que l'IRM. La réalisation d'un arthroscanner est rarement indiquée chez l'enfant, en particulier pour analyser l'articulation tibio-astragalienne.

Imagerie par résonance magnétique

Les principales indications de l'IRM sont les suivantes (1, 2) :

- la recherche de lésions infectieuses,
- la pathologie tumorale, en particulier maligne,
- la pathologie articulaire,
- l'étude des tissus mous.

Selon le type de pathologie, il est possible d'utiliser des antennes de taille différente, les petites antennes permettant une excellente résolution spatiale. L'IRM permet une étude multiplanaire. Deux plans de coupes orthogonaux sont souvent nécessaires. Différentes séquences sont disponibles mais il faut retenir que :

- les coupes pondérées en T1 permettent une excellente étude morphologique;
- les coupes pondérées en T2 sont plus sensibles pour mettre en évidence une anomalie de signal correspondant à un processus pathologique ; Il faut toutefois se méfier dans l'interprétation car des îlots de moelle rouge peuvent également donner un hypersignal non pathologique (3).
- les séquences avec suppression du signal graisseux sont très utiles tant au niveau de l'os, pour "éteindre" le signal normal de la moelle, qu'au niveau des parties molles pour mieux délimiter un processus pathologique ;
- l'injection d'un produit de contraste est utile pour l'étude de la pathologie tumorale, infectieuse, synoviale. Elle peut être combinée aux séquences avec suppression du signal graisseux.

Comme en tomodensitométrie, il est possible d'utiliser des programmes de reconstruction volumique pour mieux comprendre les rapports ostéo-articulaires. Les études dynamiques sont actuellement peu utilisées, mais sont également susceptibles d'apporter des éléments complémentaires en pathologie tumorale.

Exploration scintigraphique

Elle est le plus souvent réalisée après injection intraveineuse de pyrophosphate de Technétium. En fonction de l'indication, 3 acquisitions peuvent être réalisées : au cours de l'injection pour rechercher une hyper-vascularisation, puis au décours de l'injection et au temps métabolique tardif. Elle a pour intérêt soit de renseigner sur un foyer d'hyperfixation, soit au contraire sur une dévascularisation et ainsi d'orienter une exploration morphologique plus fine.

Pathologies

L'âge, les circonstances cliniques de survenue, le caractère aigu ou chronique, l'existence de troubles de la statique du pied, le siège de la douleur constituent les éléments d'orientation initiaux.

Traumatismes :

Les fractures vues à la phase aiguë et dans un contexte traumatique évident ne seront pas détaillées ici. Par contre, il faut souligner 2 situations classiques :

La fracture méconnue du petit enfant

Elle peut survenir sur un métatarsien, sur le cuboïde. Au niveau des métatarsiens, la radiographie réalisée secondairement montre l'apposition périostée, non présente sur les autres rayons ; elle est parfois déjà en voie d'assimilation, donnant simplement une corticale un peu épaissie. Au niveau du cuboïde, l'échographie comparative des 2 pieds peut montrer l'interruption corticale (4).

La fracture de fatigue de la seconde enfance

Elle se rencontre chez le sportif, la danseuse, le gymnase, le jeune marcheur non entraîné. Elle survient essentiellement aux niveaux des métatarsiens médians. La radiographie, pratiquée secondairement, permet là encore de montrer la réaction cortico-périostée, le trait de fracture pouvant être plus difficile à mettre en évidence. Lorsque le diagnostic est difficile ou méconnu, la scintigraphie osseuse, le cas échéant complétée par un examen tomodensitométrique sont utiles. Un contrôle évolutif permet de s'assurer de la consolidation osseuse lorsque la seule présence d'une apposition périostée est équivoque.

Pathologie infectieuse :

Il peut s'agir d'une ostéomyélite ou d'une ostéoarthrite. La localisation est variable, mais siège le plus souvent au niveau de l'arrière-pied. La porte d'entrée n'est pas toujours retrouvée localement. La radiographie initiale peut être prise en défaut, avant que n'apparaissent déminéralisation, ostéolyse et réaction périostée, plus difficile à voir au niveau du tarse. L'échographie est utile pour rechercher un épanchement intra-articulaire associé. L'IRM est plus sensible et plus précoce pour mettre en évidence une lésion osseuse d'origine infectieuse. Sur les séquences pondérées en T1, l'œdème apparaît en hyposignal; s'il existe un abcès intra osseux, celui-ci peut être délimité par une couronne en hypersignal spontané. Les coupes pondérées en T2 avec suppression du signal graisseux vont confirmer ces aspects, l'imagerie de diffusion peut également aider en montrant une restriction de diffusion en cas d'abcédation. L'injection de produit de contraste confirme la présence de collections et permet de mieux apprécier l'atteinte éventuelle des parties molles adjacentes et des articulations.

Synostoses du tarse :

Le terme de « coalition du tarse » est parfois employé, car à côté des véritables synostoses osseuses, il existe des formes où le défaut de mobilité entre 2 os du tarse postérieur est en rapport avec un pont cartilagineux voire fibreux. Les deux principales synostoses du tarse sont la synostose calcanéo-scaphoïdienne et la synostose astragalo-calcanéenne, mais il existe d'autres formes. Certaines ont un caractère familial. La présence d'un « pied plat raide et douloureux » est l'expression clinique la plus fréquente (5).

Synostose calcanéo-scaphoïdienne

Elle représente 50% des synostoses du pied, avec une transmission autosomique dominante dans 40% des cas. Elle est le plus souvent découverte au début de l'adolescence. Elle est aisément mise en évidence par les clichés simples, en particulier sur les clichés en oblique. Par contre, l'existence d'un « bec calcanéen long » sur ces clichés simples, pose la question de sa pathogénie dans la survenue des douleurs. Il faut alors rechercher des signes de conflit mécanique ou de pont non ossifié entre le calcanéus et le naviculaire. L'IRM mieux que le scanner est utile pour bien analyser l'anatomie de cette région et mettre en évidence un hypersignal en T2 traduisant l'inflammation locale (6, 7).

Synostose talo-calcanéenne

Elle correspond à un pont osseux ou fibreux en regard du sustentaculum tali ; la localisation postérieure est plus rare (8). Elle est un peu moins fréquente que la précédente, avec une prédominance masculine. Sur les radiographies conventionnelles, il faut rechercher le bec du talus, proéminent à la partie antéro-supérieure de l'astragale ; l'interligne talo-calcanéen est mal visible, mais le pont osseux est difficile à voir. Les clichés simples sont souvent pris en défaut, et les incidences particulières initialement décrites sont difficiles à réaliser en radiographie conventionnelle. Initialement, l'examen TDM a été considéré comme l'examen de référence pour faire la preuve de cette synostose. Actuellement, l'IRM est aussi performante, permettant de plus de bien analyser les structures cartilagineuses et les signes de souffrance mécanique (9).

Ostéochondrites et ostéochondroses

Il s'agit d'un groupe hétérogène de lésions. L'origine physiopathologique de ces différentes entités est discutée : traduction d'une nécrose ischémique primitive, résultante de microtraumatismes répétés, voire d'un traumatisme patent, conjonction des différents mécanismes (10).

Ostéochondrite du dôme astragalien

Il s'agit très vraisemblablement d'une lésion post-traumatique, en rapport avec une ou des entorses répétées provoquant une lésion ostéochondrale de la partie supérieure du talus, en conflit avec la face osseuse en regard des malléoles. Les douleurs secondaires font alors découvrir une image supéro-interne ou externe, associant condensation, defect osseux, voire fragment susceptible de se libérer dans l'articulation. L'IRM permet de mieux préciser les rapports articulaires, la continuité ou non du cartilage, la stabilité du séquestre au sein de la niche osseuse. L'arthroscanner représente une alternative diagnostique. Les atteintes de la partie antérieure du talus sont par ailleurs exceptionnelles (11).

Maladie de Köhler du naviculaire

Le caractère pathologique de l'aspect radiologique classiquement décrit est discutable en fonction du tableau clinique. Elle correspond classiquement à une nécrose du scaphoïde, primitive ou secondaire à des contraintes mécaniques. Elle survient dans la seconde enfance, avec sur le plan radiologique un aspect condensé de l'os naviculaire, diminué de taille, parfois

fragmenté. Ce diagnostic ne doit être retenu que s'il existe une symptomatologie douloureuse précise, car cet aspect peut être également rencontré de façon fortuite. L'évolution est en général spontanément favorable lors de la croissance.

Maladie de Freiberg du 2^e métatarsien

Elle correspond à une ostéonécrose de la tête du second voire du 3^e métatarsien. L'origine mécanique est probable, car elle survient plus fréquemment chez les adolescents sportifs sollicitant fortement l'avant-pied (danse, saut...) et se traduit par des douleurs de l'avant-pied, avec une condensation osseuse, un méplat de la tête du métatarsien. L'IRM permet de mettre en évidence des signes de contrainte, voire de nécrose, lorsque la radiographie n'est pas encore caractéristique.

Maladie de Sever du calcaneus

Elle correspond à une talalgie parfois aiguë, s'accompagnant de signes locaux inflammatoires, et est en rapport avec une tendinopathie d'insertion du tendon d'Achille. Les signes radiologiques décrits initialement sont inadéquats, car la condensation et la fragmentation du noyau d'ossification apophysaire postérieur du calcaneus constitue un aspect radiologique normal et ne doit pas faire porter ce diagnostic par excès. L'échographie et l'IRM peuvent aider à mettre en évidence des signes de tendinopathie, et surtout permettent le diagnostic différentiel avec une autre pathologie (12).

Tumeurs osseuses :

Elles peuvent être bénignes ou malignes, et l'orientation diagnostique initiale repose sur l'analyse des clichés simples. La tomодensitométrie permet une bonne étude de la corticale osseuse, épaissie, amincie ou rompue, la recherche d'appositions périostées, l'appréciation de la matrice lésionnelle. L'IRM est essentielle au bilan locorégional de toute tumeur à priori maligne. L'examen doit permettre de bien étudier l'extension au niveau des structures osseuses, des parties molles de voisinage, des structures vasculaires, nerveuses, tendineuses. La dynamique de la prise de contraste après injection peut éventuellement être utile, mais elle est souvent peu spécifique. Cet examen doit permettre de choisir la meilleure voie d'abord pour réaliser une biopsie, et va servir de référence pour les contrôles ultérieurs. Nous ne détaillerons pas l'ensemble des tumeurs mais citerons les cas les plus fréquents :

Kyste du calcaneus

L'exploration d'une lésion d'allure kystique de la partie moyenne du calcaneus peut faire appel à la TDM ou à l'IRM : lorsque la densité au niveau du kyste est lipidique, ceci peut correspondre, au niveau du calcaneus, à une image de pseudo kyste. Ailleurs, la densité liquidienne peut correspondre à un kyste essentiel. La mise en évidence de niveaux liquide-liquide avec un sédiment plus dense est évocatrice de kyste anévrysmal.

Ostéome ostéoïde

En présence de douleurs chroniques du pied, la TDM permet la recherche de signes en faveur d'un ostéome ostéoïde, soit au sein d'une densification de la corticale, soit de siège médullaire, avec mise en évidence du nidus sous la forme d'une plage d'ostéolyse contenant une ou plusieurs calcifications punctiformes. L'existence d'une localisation sous chondrale peut donner le change avec une arthrite inflammatoire. La scintigraphie osseuse peut être utile à la localisation exacte de la lésion. L'IRM en coupes fines et correctement centrées peut également permettre ce diagnostic (13, 14).

Tumeurs malignes

La moins rare est le sarcome d'Ewing (15). Si une lésion de nature maligne est suspectée sur les clichés simples, du fait d'une agressivité notable, il est nécessaire de réaliser une IRM pour permettre au mieux le bilan locorégional.

Pathologie des tissus mous

L'IRM constitue actuellement l'examen de référence pour l'étude des pathologies tendineuses, nerveuses, musculaires, ainsi que pour toutes les tumeurs primitives des parties molles. Les indications chez l'enfant et l'adolescent sont relativement rares, mais l'IRM doit venir en complément de l'échographie lorsque celle-ci n'est pas suffisante pour caractériser une lésion ou en apprécier l'extension. La caractérisation lésionnelle est le plus souvent insuffisante avec l'imagerie, imposant selon le siège et la taille une biopsie ou une exérèse.

Parmi les différentes lésions, il faut citer la fibromatose plantaire, qui peut exister chez l'enfant, se traduisant par une lésion nodulaire, ou plus extensive de la plante du pied, avec une tendance à la récurrence élevée (16, 17).

Conclusion

La connaissance des différentes indications et limites de chaque exploration est essentielle pour permettre une prescription adéquate dans chaque situation. Les explorations d'imagerie "en coupe" sont souvent très performantes mais leur réalisation doit être guidée par une bonne analyse des signes cliniques et des clichés simples, qu'il ne faut pas négliger. Ce n'est qu'à cette condition qu'il est possible de mieux cerner les différentes situations pathologiques.

Quelques références :

1. Vallejo JM, Jaramillo D. Normal MR imaging anatomy of the ankle and foot in the pediatric population. *Magnetic resonance imaging clinics of North America*. 2001 Aug;9(3):435-46, ix.
2. Patel CV. The foot and ankle: MR imaging of uniquely pediatric disorders. *Magnetic resonance imaging clinics of North America*. 2009 Aug;17(3):539-47, vii.
3. Shabshin N, Schweitzer ME, Morrison WB, Carrino JA, Keller MS, Grissom LE. High-signal T2 changes of the bone marrow of the foot and ankle in children: red marrow or traumatic changes? *Pediatric radiology*. 2006 Jul;36(7):670-6.
4. Enns P, Pavlidis T, Stahl JP, Horas U, Schnettler R. Sonographic detection of an isolated cuboid bone fracture not visualized on plain radiographs. *Journal of clinical ultrasound : JCU*. 2004 Mar-Apr;32(3):154-7.
5. Cass AD, Camasta CA. A review of tarsal coalition and pes planovalgus: clinical examination, diagnostic imaging, and surgical planning. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. 2010 May-Jun;49(3):274-93.
6. Guignand D, Journeau P, Mainard-Simard L, Popkov D, Haumont T, Lascombes P. Child calcaneonavicular coalitions: MRI diagnostic value in a 19-case series. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*. 2011 Feb;97(1):67-72.
7. Lui TH. Arthroscopic resection of the calcaneonavicular coalition or the "too long" anterior process of the calcaneus. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 2006 Aug;22(8):903 e1-4.
8. Staser J, Karmazyn B, Lubicky J. Radiographic diagnosis of posterior facet talocalcaneal coalition. *Pediatric radiology*. 2007 Jan;37(1):79-81.
9. Newman JS, Newberg AH. Congenital tarsal coalition: multimodality evaluation with emphasis on CT and MR imaging. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*. 2000;20(2):321-32; quiz 526-7, 32.
10. Gillespie H. Osteochondroses and apophyseal injuries of the foot in the young athlete. *Current sports medicine reports*. 2010 Sep-Oct;9(5):265-8.
11. Thacker MM, Dabney KW, Mackenzie WG. Osteochondritis dissecans of the talar head: natural history and review of literature. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2012 Jul;21(4):373-6.
12. Rachel JN, Williams JB, Sawyer JR, Warner WC, Kelly DM. Is radiographic evaluation necessary in children with a clinical diagnosis of calcaneal apophysitis (sever disease)? *Journal of pediatric orthopedics*. 2011 Jul-Aug;31(5):548-50.
13. Laurence N, Epelman M, Markowitz RI, Jaimes C, Jaramillo D, Chauvin NA. Osteoid osteomas: a pain in the night diagnosis. *Pediatric radiology*. 2012 Dec;42(12):1490-501.
14. Shukla S, Clarke AW, Saifuddin A. Imaging features of foot osteoid osteoma. *Skeletal radiology*. 2010 Jul;39(7):683-9.
15. Rammal H, Ghanem I, Torbey PH, Dagher F, Kharrat K. Multifocal Ewing sarcoma of the foot. *Journal of pediatric hematology/oncology*. 2008 Apr;30(4):298-300.
16. Murphey MD, Ruble CM, Tyszkowski SM, Zbojnicki AM, Potter BK, Miettinen M. From the archives of the AFIP: musculoskeletal fibromatoses: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*. 2009 Nov;29(7):2143-73.
17. Fetsch JF, Laskin WB, Miettinen M. Palmar-plantar fibromatosis in children and preadolescents: a clinicopathologic study of 56 cases with newly recognized demographics

and extended follow-up information. The American journal of surgical pathology. 2005 Aug;29(8):1095-105.