

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2022

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Séméiologie radiologique du bec calcanéen trop long et diagnostic en imagerie des coalitions calcanéo-naviculaires en population pédiatrique.

Présentée et soutenue publiquement le mardi 5 avril 2022 à 18H

au Pôle Recherche

par **Charlotte CHIRI**

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Xavier DEMONDION

Assesseurs :

Monsieur le Docteur Damien FRON

Madame le Docteur Daniela RAPILAT

Directeur de thèse :

Madame le Professeur Nathalie BOUTRY

Avertissements

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Liste des abréviations

ECN : Espace calcanéo-naviculaire

TLAP: Too Long Anterior Process of calcaneum

CCN : Coalition calcanéo-naviculaire

SF : synfibrose

SC : synchondrose

Table des matières

| | |
|--|----|
| RÉSUMÉ | 7 |
| INTRODUCTION | 9 |
| I. DÉFINITIONS ET HISTORIQUE | 9 |
| A. Coalition tarsienne..... | 9 |
| B. Coalition calcanéó-naviculaire..... | 10 |
| II. ETIOLOGIES ET ÉPIDÉMIOLOGIE..... | 12 |
| A. Etiologie | 12 |
| B. Epidémiologie | 13 |
| III. SÉMÉIOLOGIE CLINIQUE ET HISTOIRE NATURELLE DES COALITIONS CALCANÉO-NAVICULAIRES | 14 |
| A. Coalition vraie..... | 14 |
| B. TLAP | 15 |
| IV. SÉMÉIOLOGIE RADIOLOGIQUE THÉORIQUE..... | 16 |
| A. Techniques d'imagerie..... | 17 |
| B. Signes spécifiques aux coalitions vraies | 18 |
| C. Signes possibles du TLAP | 24 |
| D. Signes indirects communs | 27 |
| V. THERAPEUTIQUE..... | 34 |
| A. Coalition vraie..... | 34 |
| B. TLAP | 35 |
| VI. PROBLEMATIQUE..... | 36 |
| MATÉRIELS ET MÉTHODES..... | 37 |
| I. IMAGERIE DU TLAP SYNDROME | 37 |
| A. Problématique détaillée : TLAP et TLAP syndrome | 37 |
| B. Matériels..... | 38 |
| C. Méthodes..... | 40 |
| II. IMAGERIE DES COALITIONS VRAIES..... | 50 |
| A. Problématique détaillée | 50 |
| B. Matériels..... | 51 |
| C. Méthodes..... | 52 |
| RÉSULTATS..... | 56 |
| I. ETUDE DU TLAP SYNDROME..... | 56 |
| A. Description de la population générale | 56 |
| B. Analyse descriptive..... | 57 |
| C. Résultats de l'étude analytique | 63 |

| | |
|---|----|
| II. ETUDES DES COALITIONS VRAIES | 66 |
| A. Description de la population générale | 66 |
| B. Etude des concordances inter-observateurs..... | 67 |
| C. Etude de de la concordance avec le compte-rendu opératoire | 69 |
| DISCUSSION | 71 |
| I. INTERPRETATION DES RESULTATS..... | 71 |
| A. Le bec calcanéen long (TLAP) | 71 |
| B. Tlap syndrome | 72 |
| C. Synfibrose et synchondrose : concordance..... | 75 |
| II. LIMITATIONS..... | 76 |
| CONCLUSION | 78 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 79 |
| ANNEXES..... | 84 |

RÉSUMÉ

TITRE : Séméiologie radiologique du bec calcanéen trop long et diagnostic en imagerie des coalitions calcanéo-naviculaires en population pédiatrique.

OBJECTIFS :

Devant une instabilité ou des douleurs chroniques de la cheville et du pied chez l'enfant, une imagerie est souvent réalisée pour rechercher une coalition calcanéo-naviculaire (CCN) ou un bec calcanéen trop long (TLAP). Le diagnostic d'une CCN et sa caractérisation (synostose, synchondrose, synfibrose) est plus facile en imagerie que celui du TLAP, mal défini sur le plan sémiologique (en dehors d'un espace calcanéo-naviculaire (ECN) < 5 mm). En outre, la limite entre TLAP, variante anatomique, et TLAP syndrome (symptomatique) reste floue. Les objectifs de notre travail rétrospectif étaient 1) d'apporter des éléments sémiologiques plus fiables pour le diagnostic de TLAP syndrome et 2) d'évaluer nos performances diagnostiques dans la détection/caractérisation des CCN.

MÉTHODES :

Dans la 1^e étude analytique, type cas-témoins non appariés, 2 radiologues ont relu indépendamment les examens des patients pris en charge en orthopédie infantile pour un TLAP syndrome, au moyen d'un questionnaire : mesure de l'ECN et recherche des signes indirects associés aux CCN tels que décrits dans la littérature. Dans la 2^e étude, 2 radiologues ont relu indépendamment les examens des patients ayant une CCN en distinguant les synchondroses (SC) des synfibroses (SF). Les concordances entre radiologues et entre l'imagerie et la chirurgie (patients opérés) ont été évaluées.

RÉSULTATS :

Dans la 1^e étude, 128 patients (38 cas, 90 témoins) ont été inclus : la prévalence du TLAP était de 71,54%. Une mesure seuil de l'ECN de 3,2 mm était en faveur d'un TLAP syndrome (Se=97%, Sp=70%). Trois signes indirects étaient significatifs : le « nez de fourmilier », le bec talien et le bec calcanéen effilé, d'autant plus en faveur du TLAP syndrome qu'ils s'associaient à une réduction de l'ECN. Dans la 2^e étude (24 CCN), la concordance SF/SC était de 91,7% entre radiologues et de 37,5% entre imagerie et chirurgie.

DISCUSSION :

Le TLAP est fréquent chez les témoins : une variante semble donc la plus plausible. Par contre, devant une symptomatologie évoquant un TLAP syndrome, le diagnostic est conforté en imagerie par une mesure de l'ECN inférieure à 3,2 mm. Cette mesure est réalisée au mieux en scanner grâce aux reconstructions 2D dans les trois plans. La présence concomitante d'un « nez de fourmilier », d'un bec talien ou d'un bec calcanéen effilé sont des arguments diagnostiques supplémentaires. Concernant les CCN, la distinction entre SF et SC en imagerie semble peu pertinente en pratique

INTRODUCTION

Au moyen d'une revue exhaustive de la littérature et dans les limites de ma spécialité, je présenterai le cadre nosologique des coalitions tarsiennes en me focalisant sur les coalitions calcanéo-naviculaires (CCN, ou conflit calcanéo-naviculaire). J'invite le lecteur à se tourner vers mes sources annexées pour plus de renseignements.

I. DÉFINITIONS ET HISTORIQUE

A. Coalition tarsienne

Une coalition tarsienne correspond à un rapprochement anormal voir un contact entre 2 pièces osseuses ou plus du tarse, pouvant être à l'origine d'une douleur chronique du pied et/ou d'une limitation des mouvements. Les coalitions tarsiennes les plus fréquentes intéressent l'espace talo-calcanéen et/ou l'espace calcanéo-naviculaire (ECN) (1). D'autres formes de contact anormal entre les os du tarse ont été décrites, telles que les coalitions calcanéo-cuboïdiennes, talo-naviculaires ou cuboïdo-naviculaires. La première description d'une coalition tarsienne apparait dans une parution de Buffon en 1769 tandis que Cruveilhier présente une coalition calcanéo-naviculaire (CCN) pour la première fois en 1829. C'est ensuite en 1877 que Zuckerkandl (2, 3, 4) réalise la première description des coalitions talo-calcanéennes.

Les premières corrélations établies entre les constatations anatomiques et une symptomatologie clinique particulière remontent à 1920 et aux travaux de Slomann qui fut le premier à visualiser une CCN sur une radiographie. Il établit ainsi un lien entre un pied plat spastique et l'existence d'une telle coalition.

B. Coalition calcanéo-naviculaire

Tandis que les coalitions talo-calcanéennes peuvent être intra articulaires, la CCN concerne deux pièces osseuses qui ne sont normalement pas articulées (coalition extra-articulaire). La notion de CCN (ou “conflit calcanéo-naviculaire”) inclut les coalitions “vraies” et les formes rudimentaires.

Les formes rudimentaires regroupent le TLAP et l'ensemble des variations morphologiques isolées du bec calcanéen

1) *Coalition vraie*

Les coalitions vraies se subdivisent en trois types, selon la nature de l'union entre les pièces osseuses : un pont osseux dans une synostose, un pont cartilagineux dans une synchondrose et un pont fibreux dans une synfibrose (ou syndesmose) (5, 6). De plus, ces coalitions peuvent être mixtes et associer des formes différentes dans un même espace interosseux (ex : synchondroses + synfibroses, synostoses + synfibroses).

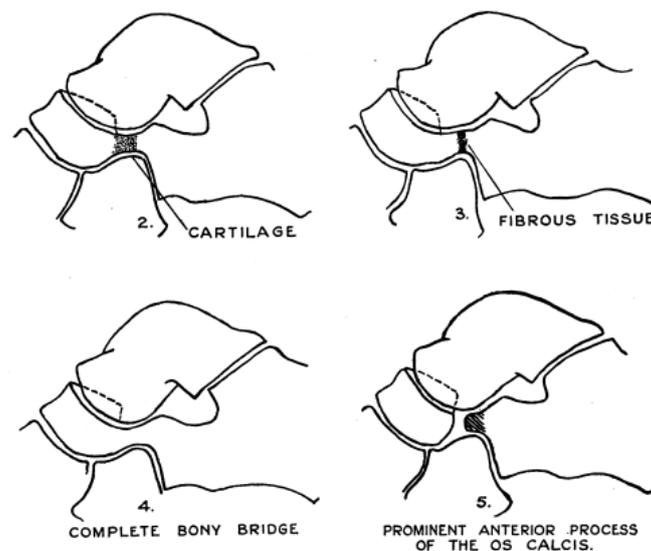
2) *TLAP*

Une forme rudimentaire de coalition peut être rattachée au groupe des CCN : il s'agit du bec calcanéen trop long, responsable d'une symptomatologie identique à celle des coalitions vraies. D'abord mentionnée successivement par Blockey, Harris, Roger et Meary (7, 8), c'est à la fin du 20ème siècle que Pouliquen définit le concept du TLAP (« Too Long Anterior Process of the calcaneum ») dans ses travaux publiés à partir de 1983 dans la revue Française de Chirurgie Orthopédique (4, 9, 10, 11). Depuis le début des années 2000, quelques rares publications médicales explorent la prise en charge chirurgicale du TLAP (12, 13, 14, 15) mais aucune étude récente ne s'est intéressée à la

sémiologie radiologique permettant de poser le diagnostic de cette entité. Ainsi, l'unique signe direct mentionné par Pouliquen permettant d'évoquer en imagerie le diagnostic de TLAP repose sur la mesure de l'espace calcanéo-naviculaire dont la norme renvoie à des descriptions anatomiques du 20^e siècle. Selon Tachdjian (16), le processus antéro-médial du calcaneus (encore appelé bec ou rostre calcanéen) est normalement court et arrondi, séparé de l'os naviculaire par une distance supérieure ou égale à 5 mm (habituellement comprise entre 5 et 10 mm).

3) Classifications

Dès le début du 20^{ème} siècle, une première typologie des coalitions calcanéo-naviculaires fut détaillée par Seddon (6) :



Plus récemment, certains auteurs ont proposé des classifications concernant les variations morphologiques de l'espace calcanéo-naviculaire :

- **Lysack (17) en 2004 :**

| | |
|--------|----------------------------------|
| Type 1 | Variantes proches de la normale. |
| Type 2 | Synchondrose |
| Type 3 | Synfibrose |
| Type 4 | Synostose |

Même si Lysack ne cite pas directement le TLAP, nous pouvons considérer qu'un bec calcanéen trop long appartient à la première catégorie.

- **Upasani (18) en 2008 :**

| | |
|--------|-------------------------------|
| Type 1 | Formes frustres, dont le TLAP |
| Type 2 | Synfibrose |
| Type 3 | Synchondrose |
| Type 4 | Synostose |

Cette classification a l'avantage d'introduire la notion de forme fruste de coalition.

II. ETIOLOGIES ET ÉPIDÉMIOLOGIE.

A. Etiologie

- **Les CNN sont le plus souvent idiopathiques.**

Plusieurs théories étiologiques se sont succédées depuis la première description des coalitions tarsiennes. L'explication principale est du ressort embryonnaire et a été démontrée par Harris en 1955. Les coalitions du tarse consisteraient en un défaut de segmentation des maquettes cartilagineuses mésenchymateuses (2, 5). En effet, le pied d'un fœtus de 10 semaines est un continuum cartilagineux entre le talus, le calcanéus et le naviculaire. Le noyau d'ossification du calcanéus apparaît vers 24 SA et avec lui, se forment les ébauches d'articulations subtalaires et médio-tarsiennes. Il existerait 2 types d'erreurs dans la régression mésenchymateuse qui sépare normalement le calcanéus et le naviculaire au cours de la vie fœtale : un défaut de régression touchant le naviculaire dans les coalitions vraies et le calcanéus dans le TLAP (9).

- **Coalitions secondaires**

Lorsqu'elles sont secondaires, les coalitions s'incluent dans un tableau malformatif (maladie des synostoses multiples, Nievergelt-Pearlman syndrome, symphalangisme, déficit longitudinal) ou apparaissent suite à une infection, un traumatisme articulaire, une ostéonécrose, etc. (2, 3, 5, 19)

B. Epidémiologie

On estime une prévalence de 1% à 2% dans la population générale (5, 20) pour les CCN en se basant essentiellement sur des études cadavériques (21), mais la vraie prévalence des coalitions tarsiennes reste inconnue en raison du caractère asymptomatique fréquent de la pathologie.

Environ 90% des coalitions tarsiennes sont représentées par les coalitions calcanéonaviculaires et les coalitions talo-calcanéennes (1, 22). Les formes bilatérales sont fréquentes (30 à 70%) (23).

L'ensemble des études publiées sur les CCN concluent globalement à l'absence de prédominance ethnique ou sexuelle (24, 25). Seule exception, Pouliquen retrouve une prédominance féminine pour le TLAP qu'il attribue à une plus grande laxité congénitale responsable de traumatismes en inversion (9, 10). Des auteurs se sont intéressés au caractère génétique des coalitions du tarse et suggèrent une transmission autosomique dominante suite à la récurrence familiale qu'ils ont pu observer (2, 4).

III. SÉMÉIOLOGIE CLINIQUE ET HISTOIRE NATURELLE DES COALITIONS CALCANÉO-NAVICULAIRES

A. Coalition vraie

Les symptômes se déclarent en moyenne vers 11 - 12 ans pour les coalitions vraies (1). Avant l'âge de l'ossification des os du tarse, les anomalies sont cliniquement silencieuses car souples, formées essentiellement d'un tissu fibrocartilagineux. Des symptômes se dévoilent parfois plus précocement en fonction de l'importance de la coalition. Une fois l'ossification complète, ces anomalies deviennent douloureuses car moins souples et moins plastiques. Elles sont dès lors sensibles aux traumatismes et souvent dévoilées par un traumatisme supposé de type entorse (5, 24). Ainsi à l'interrogatoire du patient, les cliniciens constatent que les CNN sont souvent masquées par une histoire de traumatismes et de douleurs chroniques, la douleur étant exacerbée lors des activités et soulagée par le repos. L'enfant peut présenter une instabilité croissante du pied avec sensation de déroboement lors de la pratique du sport et des entorses à répétition. Ces entorses sont souvent à l'origine d'une errance diagnostique prolongée. Devant la perte de mobilité de la coalition, l'enfant peut ressentir des douleurs par hypersollicitation à la pratique du sport ou lors de la marche prolongée, localisées essentiellement en regard de la face antérolatérale du médiopied.

Devant la modification de la croissance des os de voisinage et la réorganisation structurale induite, l'examen clinique peut retrouver un aspect de pied pat contracturé en valgus, douloureux et invalidant. Il existe en effet une contracture musculaire et un spasme des muscles fibulaires en réaction au valgus.

Le clinicien retrouve parfois une douleur élective à la palpation du sinus du tarse et du médiopied. Il existe également une douleur provoquée avec raideur du médiopied à la mobilisation (raideur surtout dans les mouvements d'inversion/éversion).

La palpation ne retrouve aucune douleur de type ligamentaire.

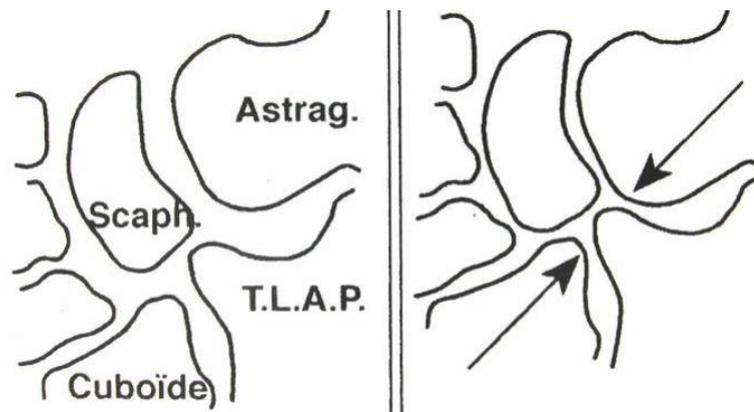
B. TLAP

Les symptômes se déclarent au moment de l'adolescence, vers 13-14 ans (2), plus tardivement que pour les coalitions vraies. La clinique reste néanmoins peu spécifique, globalement identique aux manifestations des coalitions vraies. En raison de sa longueur anormale, le processus antérieur du calcaneus se prolonge entre le cuboïde et la tête du talus, se rapprochant anormalement de l'os naviculaire. Cette disposition architecturale est à l'origine d'une grande part de la symptomatologie (9, 10).

Le processus calcaneen long est longtemps asymptomatique. Cela s'explique essentiellement pour deux raisons (4, 24):

- L'ossification progressive du bec augmente peu à peu ses interactions avec le naviculaire et explique l'apparition de symptômes après une période asymptomatique.
- Il se dévoile souvent après un traumatisme. Au repos, le processus calcaneen long affleure le naviculaire en restant à distance de la tête du talus. En mouvement de supination/inversion, le processus se trouve coincé entre la tête du talus et le cuboïde. Lors d'un premier mouvement violent en supination/inversion, une telle disposition anatomique favorise une impaction du processus calcaneen sur les pièces osseuses qui l'entourent et induit parfois des lésions du cartilage talien ou une

fracture du processus : c'est l'effet "nutcracker" décrit par Pouliquen (9, 10, 11). Cet événement aigu favorise l'installation d'une fragilité chronique.



Certains patients deviennent symptomatiques plus tardivement encore et il faut donc avoir en tête ce diagnostic chez des adultes jeunes.

IV. SÉMÉIOLOGIE RADIOLOGIQUE THÉORIQUE

Mon travail a principalement porté sur l'état des connaissances actuelles en imagerie concernant les anomalies de l'espace calcanéo-naviculaire. Après une revue exhaustive de la littérature, j'ai recensé une séméiologie radiologique en suivant le schéma de la classification d'UPASANI (18) (1-formes frustes/TLAP syndromes, 2-synfibroses, 3-synchondroses, 4-synostoses). Les trois dernières classes (synfibrose, synchondrose, synostose) correspondant aux coalitions vraies ont fait l'objet de plusieurs études et "case report" ayant permis au fil du temps de développer une séméiologie précise. À l'inverse, peu d'études ont été publiées à propos des formes frustes et plus particulièrement, du TLAP. Les signes décrits en imagerie restent peu précis et les rares éléments séméiologiques apparaissant dans la littérature n'offrent pas aux radiologues la possibilité de poser avec certitude un diagnostic de TLAP.

Chaque classe possède ses propres signes plutôt spécifiques en plus d'une séméiologie indirecte commune au 4 types de CCN (24)

A. Techniques d'imagerie

1) *Radiographie standard*

Seule technique d'imagerie disponible il y a plusieurs années, les spécialistes recommandent la réalisation de 3 incidences lorsqu'une CCN est suspectée (5, 6, 9, 20) :

- Les incidences classiques du pied de profil et de face sont systématiques mais peu contributives. Elles peuvent faire suspecter l'existence d'une coalition sans pouvoir la visualiser parfaitement.
- L'incidence oblique déroulée du pied à 45° permet par contre de dégager l'espace calcanéo-naviculaire et de distinguer plus précisément une éventuelle coalition.

L'interprétation d'une radiographie standard reste néanmoins limitée et pas toujours suffisante, ne permettant qu'une étude approximative des structures osseuses (25). De plus, les radiographies sont parfois faussement normales quand l'enfant est trop jeune.

2) *Scanner*

Le scanner avec coupes fines et reconstructions 2D dans les 3 plans vient compléter les radiographies en étudiant toutes les structures osseuses et l'anatomie globale du pied (18, 26, 27, 28). Sa sensibilité est excellente pour les synostoses, moins bonne pour les autres types de coalition calcanéo-naviculaire (20). Les reconstructions en 3D permettent une meilleure appréciation des modifications morphologiques.

3) *IRM*

Permettant une analyse fine des tissus mous, l'IRM précise les sous-types de coalitions. Ainsi, même si les synfibroses et synchondroses peuvent être évoquées au scanner par des signes osseux indirects, leur nature exacte est mieux étudiée en IRM (20, 26, 29, 30 ,31). Par ailleurs, l'IRM permet de mettre en évidence des remaniements œdémato-inflammatoires au sein des pièces osseuses et des tissus mous jouxtant la CCN, témoignant indirectement d'un conflit actif. L'IRM présente également l'avantage d'être un examen non ionisant (intérêt particulier chez l'enfant). Cette méthode d'imagerie reste néanmoins inférieure au scanner pour l'étude osseuse et n'autorise pas non plus des coupes fines comme en scanner (résolution en contraste meilleure mais moins bonne résolution spatiale).

B. Signes spécifiques aux coalitions vraies

Les signes spécifiques aux coalitions vraies, déjà connus dans la littérature se répartissent ainsi :

1) *Un pont osseux pour les synostoses*

Ce signe est normalement visible sur toutes les techniques d'imagerie (radiographie, scanner, IRM). Il correspond à une continuité cortico-trabéculaire entre le calcaneus et le naviculaire. R. Crim retrouve une sensibilité de 73% et une spécificité de 100% pour ce signe dans son étude incluant 15 cas de CCN vraies en radiographie. (32). De même, A. Lawrence obtient les mêmes résultats (1).



Image 1 (radiographie) : pont osseux
(synostose calcanéonaviculaire)

2) *Berges pincées et irrégulières pour les synfibroses (+/-
synchondroses)*

Les berges entre l'os naviculaire et l'os calcanéen sont ici anormalement pincés, sièges de remaniements dégénératifs (1, 17, 20, 21). Elles apparaissent irrégulières avec des érosions et de possibles géodes sous-chondrales (logettes sous-chondrales hypodenses en scanner et hyperintense en T2 en IRM). L'os sous-chondral se condense (bandes hyperdenses en scanner, hypointenses en T1 en IRM) avec l'apparition d'ostéophytes (excroissances osseuses dégénératives).

Cet aspect est bien visible en radiographie (sur une incidence oblique à 45°), au scanner ou en IRM.



Image 2 (radiographie) : berges pincées et remaniées
(synchondrose/synfibrose calcanéο-naviculaire)



Image 3 (Scanner) : berges pincées et remaniées
(synchondrose/synfibrose calcanéο-naviculaire)

3) *Berges pincées et régulières pour les synchondroses*

Les berges entre l'os naviculaire et l'os calcanéen sont ici anormalement pincées, tout en restant régulières (17). A terme, les synchondroses peuvent présenter également des remaniements dégénératifs comme pour les synostoses.

4) *Signal tissulaire particulier au sein de l'ECN en IRM.*

Lors d'une synfibrose, un tissu fibreux peut être visible en IRM entre le calcanéus et le naviculaire sous la forme d'un signal hypointense en pondération T1 et T2.

Lors d'une synchondrose, un tissu cartilagineux est normalement visible en IRM entre le calcanéus et le naviculaire sous la forme d'un signal hyperintense en pondération T2 et isointense en pondération T1.

Lors d'une synostose, un signal osseux continu entre les deux pièces osseuses est visible, en isosignal T2 (hyposignal STIR) et hypersignal T1 (signal normal de la moëlle osseuse) (1, 20, 29).

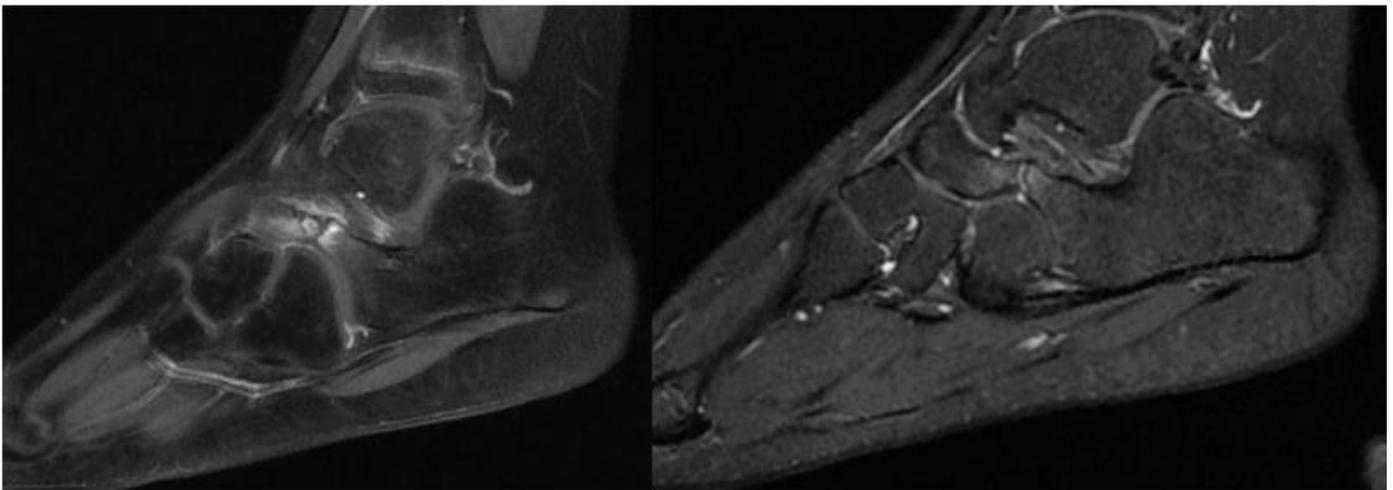


Image 4 (IRM) : signal dans l'espace calcanéonaviculaire en pondération T2
A gauche : synfibrose (hyposignal T2) / A droite : synchondrose (hypersignal T2)

5) *Le "signe du nez de fourmilier inversé"*

Le signe du nez de fourmilier inversé (ou "reverse anteater nose sign") est décrit pour les synostoses, synfibroses et synchondroses. Les bords inférieur et supérieur du naviculaire sont normalement parallèles sur une coupe sagittale et de longueurs identiques. Le "signe du nez de fourmilier inversé" correspond à une perte du parallélisme entre ces bords

supérieur et inférieur en vue sagittale, le naviculaire se prolongeant vers le bas et l'arrière pour se rapprocher du bec calcanéen (29, 33).

Ce signe est présent seulement si le prolongement inférieur de l'os naviculaire est suffisamment long et rectangulaire vers l'arrière. Un débord arrondi ou court n'est pas un signe du bec de fourmilier inversé.

Cet aspect est visible au scanner grâce aux reconstructions dans les 3 plans. Il peut se deviner également sur une incidence oblique ou axiale du tarse en radiographie. Il est par contre moins bien visible en IRM. R. Crim (32) retrouve une sensibilité de 53% et une spécificité de 98% en radiographie pour le "reverse anteater nose sign" dans les CCN (mêmes résultats dans l'article publié par A.Lawrence (1)). Ce signe n'est pas décrit dans le TLAP.

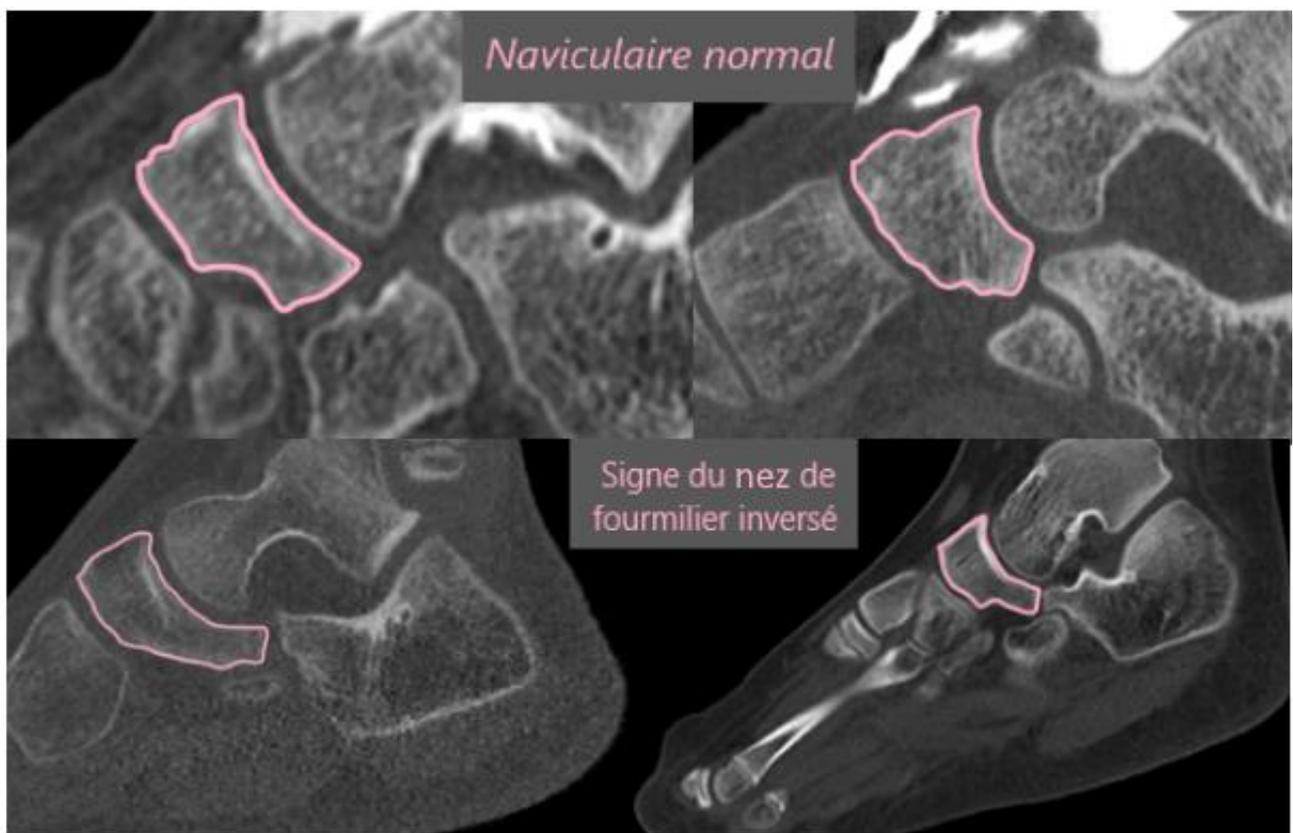


Image 5 (scanner) : signe du nez de fourmilier inversé



Image 5 bis (radiographie de face) :
signe du nez de fourmilier inversé bilatéral

6) *L'os calcaneus secundarius*

L'os calcaneus secundarius est un ossicule accessoire développé aux dépens du second point d'ossification de la face interne du calcaneus. C'est une variante anatomique, ordinairement asymptomatique et qui concerne 5% de la population (34, 35, 36). Il est disposé le plus souvent dans la continuité du rostre calcanéen, entre le naviculaire, le calcaneus, le talus et le cuboïde. L'os calcaneus secundarius peut causer une douleur chronique et limiter l'inversion/supination du pied. À l'examen clinique, la douleur se situe en projection du sinus du tarse.

En imagerie, il s'agit d'un fragment osseux de forme triangulaire et bien corticalisé (à différencier en radiographie et au scanner d'une fracture-avulsion du processus antérosupérieur du calcaneus dans le cadre d'une entorse du Chopart). Il peut être le siège de remaniement dégénératifs avec le temps et présenter des berges irrégulières et condensées associées à des géodes sous-chondrales. Interposé entre le naviculaire et le

calcanéus, cet ossicule surnuméraire participe le plus souvent à une synfibrose ou une synchondrose avec ces deux os du tarse. La chirurgie est indiquée si le traitement symptomatique a échoué.



Image 6 (scanner) : os calcanéus secundarius

C. Signes possibles du TLAP

Les signes évocateurs d'un TLAP sont peu décrits dans la littérature et restent à préciser. Voici une liste des signes possibles du TLAP rapidement abordés dans les quelques publications :

1) *Un bec calcanéen trop long*

Ce signe se base sur les descriptions anatomiques du 20^e siècle qui rapportent que la distance normale entre le calcanéus et le naviculaire est supérieure ou égale à 5 mm. Le bec calcanéen est considéré comme allongé quand cette distance est inférieure à 5 mm. Cette mesure est obtenue précisément au scanner, sur les reconstructions dans les 3 plans : certains auteurs préconisent une mesure dans le plan parallèle à l'axe du 2^{ème} métatarsien, d'autres se positionnent dans le plan parallèle à l'axe antéro-postérieur du

calcanéus (26, 27,42). Il n'existe cependant aucun consensus méthodologique pour cette mesure.

Son obtention en IRM (de profil) et en radiographie (sur une incidence oblique) est moins fiable. Sur une radiographie standard du pied de profil, certains auteurs décrivent un bec calcanéen trop long si celui-ci se dirige vers le haut et l'avant, son bord inférieur se prolongeant au-dessus du bord inférieur du naviculaire (10, 41).



Image 7 (radiographie de profil) : le bord inférieur du bec calcanéen se projette au dessus du bord inférieur du naviculaire

2) *Des berges osseuses non pincées et régulières*

Contrairement aux coalitions vraies, les berges entre le calcanéus et le naviculaire restent à distance l'une de l'autre, en conservant la régularité de leurs contours (18). Analysable sur les 3 techniques d'imagerie, ce signe est surtout visible en scanner.



Image 8 (radiographie oblique) :
Berges osseuses régulières et non
pincées

3) *Signal tissulaire particulier au sein de l'espace CN en IRM*

Dans le TLAP, il peut exister une interposition d'un tissu graisseux entre le calcanéus et le naviculaire (en hypersignal T1, en hyposignal T2 STIR) (1, 29)

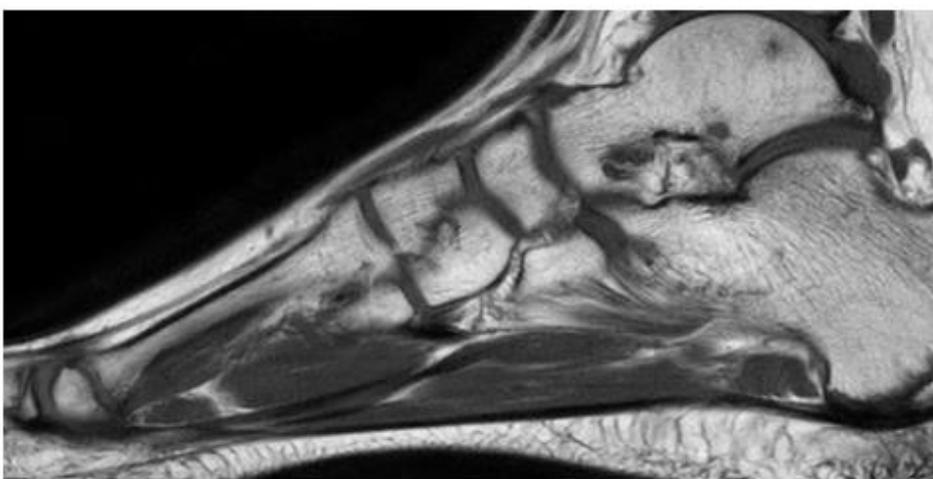


Image 9 (IRM) : signal graisseux dans l'espace calcanéonaviculaire
hyperintense en pondération T1

4) *Lésions de la face inféro-latérale du talus.*

Des lésions cartilagineuses de la face inféro-latérale du talus sont décrites, reflet de l'effet "nutcracker" défini par Pouliquen (10, 11). Il peut s'y associer un œdème talien sous-chondral en regard. L'IRM est l'imagerie de référence pour l'analyse de la région osseuse sous-chondrale.



Image 10 (IRM) : oedème talien sous-chondral inféro-latéral en pondération T2

D. Signes indirects communs

Lors de ma revue de la littérature, j'ai constaté l'existence d'une séméiologie indirecte commune aux 3 types de coalitions vraies et au TLAP. Des signes radiologiques concernent ces 4 classes, témoins indirects d'une CCN (ou d'un "conflit osseux"). Le plus souvent décrits dans les coalitions vraies, ces signes restent théoriquement possibles dans le TLAP. Ils correspondent à des anomalies adaptives apparues au cours de la croissance des os du tarse.

1) *Modification de la forme du rostre calcanéen étiré.*

Qu'il s'agisse d'une coalition vraie ou d'un TLAP, le bec calcanéen va adopter dans ces deux cas une morphologie particulière :

- Le signe du nez de fourmilier (ou "anteater nose sign") peut être présent dans le TLAP et les coalitions vraies : il correspond à un bec calcanéen étiré vers l'avant, son extrémité distale adoptant une forme carrée telle un nez de fourmilier (33, 37). R.Crim (32) retrouve une sensibilité de 72% et une spécificité de 94 % pour le "anteater nose sign" dans les CCN en radiographie (72% et 91% respectivement dans l'article publié par A.Lawrence (1))



Image 11 (radiographie de profil) : signe du nez de fourmilier



Image 12 (scanner) : signe du nez de fourmilier

- Le bec calcanéen peut également prendre une forme fine et effilée lorsqu'il se prolonge vers l'avant. Cet aspect est décrit pour les 4 types de CCN mais semble plus fréquent pour le TLAP (29).

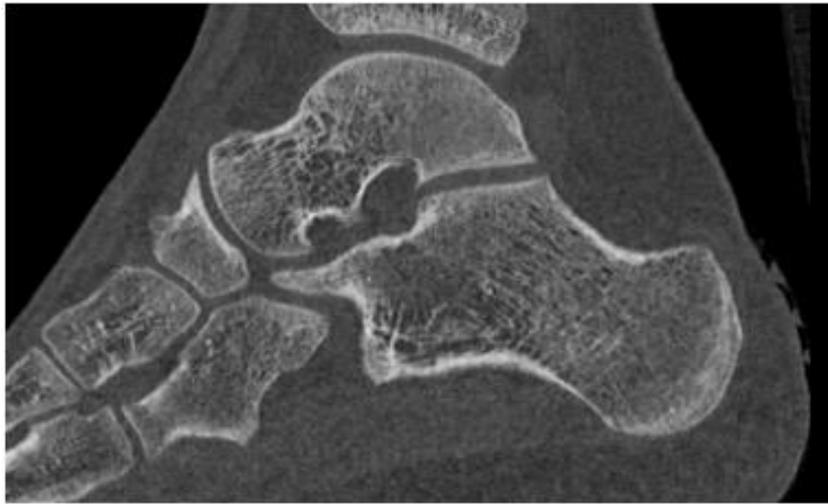


Image 13 (scanner) : bec calcanéen effilé

Analysable sur les 3 techniques d'imagerie, ces aspects sont surtout visibles en scanner.

2) *Le bec talien*

Le bec talien (ou "talar beak sign") est retrouvé le plus souvent dans les coalitions talo-calcaneennes mais peut se voir également dans les conflits calcaneéo-naviculaires (38). Il correspond à une excroissance osseuse développée à la partie distale de la tête du talus. Il faut le distinguer de deux autres types d'excroissance osseuse de la face dorsale de la tête du talus (39) :

- **Hypertrophie du "talar ridge"** : le "talar ridge" est situé entre la trochlée du talus et l'articulation talo-naviculaire, entre 3 à 6 mm de la berge articulaire. Il correspond au point d'attache des capsules et ligaments. Il est normalement millimétrique, de forme convexe, avec un bord proximal plus long et convexe que le bord distal. Il s'hypertrophie en cas de contraintes anormales ou d'enthesopathies, tout en gardant sa forme convexe habituelle. Il est surtout présent chez les sportifs (joueurs de foot ou danseurs).

- **Ostéophytes** : Ils se forment en regard de la berge articulaire, suite au développement d'une arthrose après traumatisme. Ils sont souvent petits et fins, à distance du « talar ridge ». Cela concerne surtout les athlètes.
- **« Talar beak » ou bec talien** : d'aspect large et triangulaire, il se situe entre le secteur du « talar ridge » et la berge articulaire. Il est dû à des tractions excessives du ligament talo-naviculaire dorsal. On le retrouve dans le cadre des CCN et des coalition talo-calcaneéenne.

Surtout décrit dans le cadre des coalitions vraies, aucune publication n'a étudié la présence éventuelle d'un bec talien associé au TLAP. Analysable sur les 3 techniques d'imagerie, ce signe est surtout visible en scanner. R.Crim (32) retrouve une sensibilité de 50% et une spécificité de 91 % pour signe du bec talien dans les CCN en radiographie (48% et 91% respectivement dans l'article publié par A.Lawrence (1)).

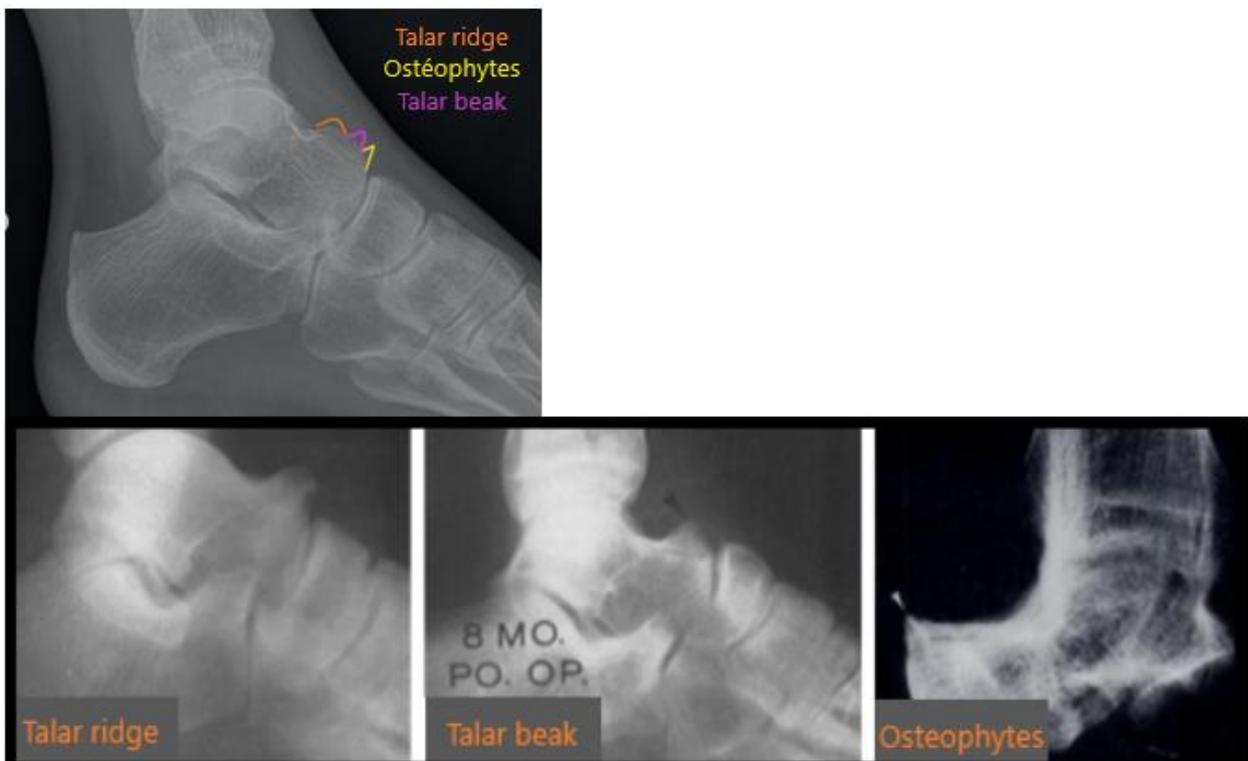


Image 14 (radiographies de profil) : excroissances osseuses de la face dorsale de la tête du talus (34 ;35)



Image 14 bis (scanner) : bec talien

3) *Hypoplasie du col du talus.*

Décrit principalement pour les coalitions talo-calcanéennes, certains auteurs ont constaté une hypoplasie du col du talus lors d'une CCN (10, 20, 40). Il s'y associe souvent un aspect de col talien concave (aspect normalement rectiligne) et la présence d'un bec talien (physiopathologie commune). Analysable sur les 3 techniques d'imagerie, ce signe est surtout visible en scanner. R.Crim (32) retrouve une sensibilité de 30% et une spécificité de 94 % pour ce signe dans les CCN en radiographie.



Image 15 (scanner) : hypoplasie de la tête du talus

4) Modifications morphologiques de l'éminence médiale du cuboïde

L'éminence médiale du cuboïde est normalement arrondie, se prolongeant dans l'espace calcanéo-naviculaire. Cette éminence médiale présente également à l'état normal un "col" à rebords concaves.

L'éminence médiale du cuboïde apparaît tronquée quand son extrémité distale s'aplatit et s'affine tandis que son col disparaît (forme modérée). Elle devient inexistante quand le bord médial du cuboïde apparaît concave (forme sévère).

Les modifications de l'éminence sont mieux visibles en scanner, sur les reconstructions 3D en vue plantaire. Ce signe, décrit par Upasani (8), est plus marqué dans les coalitions vraies et notamment, en présence d'une synostose. Lors du TLAP, l'aspect du cuboïde reste proche de la normale.

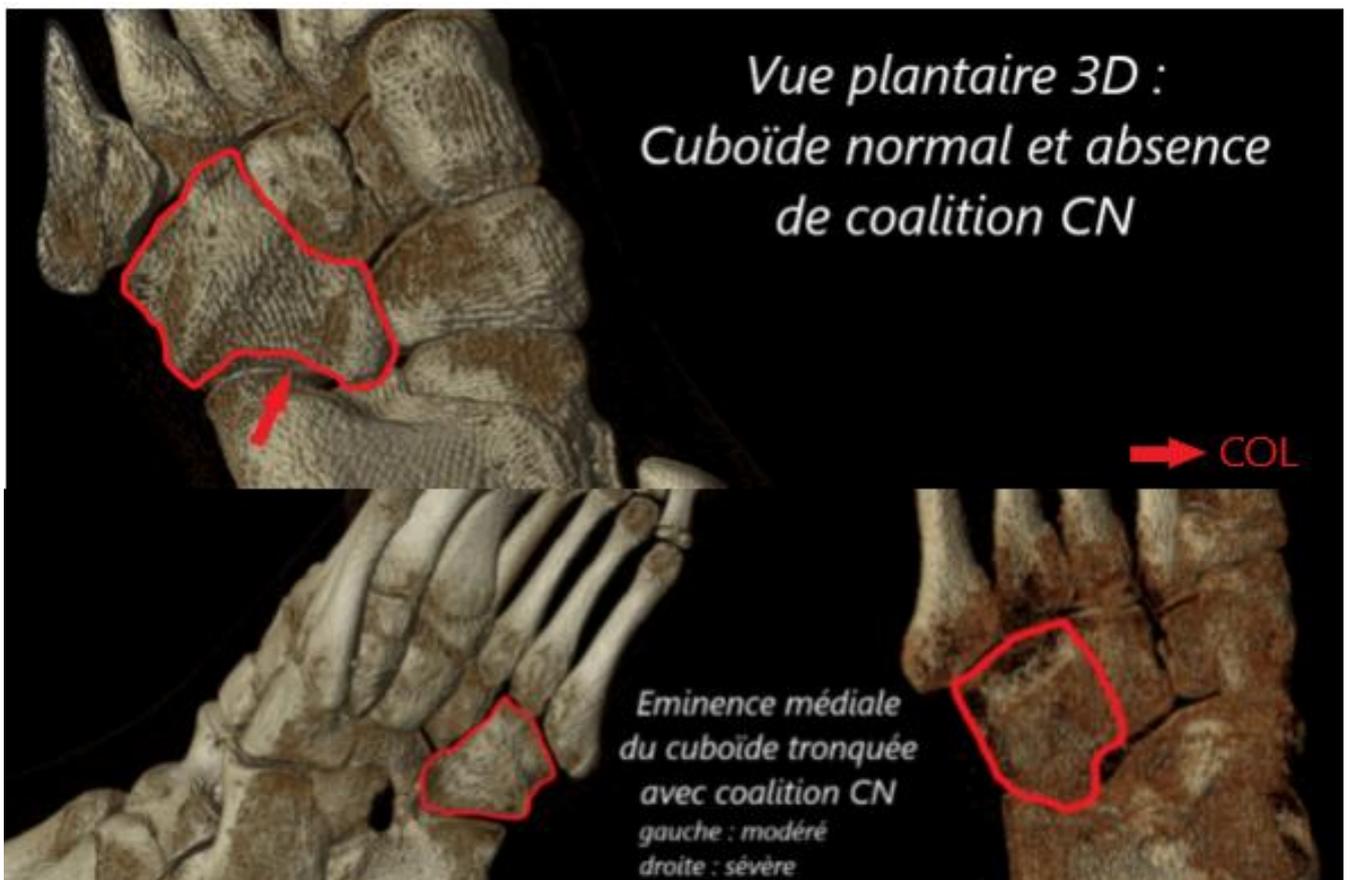


Image 16 (TDM 3D) : éminence médiane du cuboïde tronquée

5) *Pied plat*

Il est constaté dans certains cas de CCN vraies (32). Le pied plat s'analyse sur une radiographie de profil du pied en charge en mesurant l'angle de Djian-Annonier. Celui-ci est formé par le croisement des deux lignes passant par les points les plus déclives du sésamoïde médial (tête du 1^e métatarsien si enfant jeune) et de la grosse tubérosité calcanéenne, le sommet correspondant au point déclive de l'interligne talo-naviculaire. Cet angle mesure normalement entre 115° et 135°. Un pied plat présente un angle augmenté, supérieur à 135°.

Aucune étude ne précise spécifiquement la présence d'un pied plat associé au TLAP syndrome.



Image 17 (radiographie de profil en charge) : pied plat

6) *Des remaniements œdémato-inflammatoires de l'espace CN*

Visibles en IRM, ces remaniements témoignent d'une CCN. Ils se présentent sous la forme d'anomalies de signal en regard des berges calcanéo-naviculaires (hypointense en T1, hyperintense en STIR ou T2 avec suppression du signal de la graisse, hyperintense en T1 après injection de produit de contraste) plus ou moins marquées (5, 20, 29, 41). Il peut exister également une infiltration des parties molles avoisinantes (hypersignal T2 et/ou T1

après injection) et/ou un épanchement entre les pièces osseuses (hypersignal T2 liquidien, absence de prise de contraste).

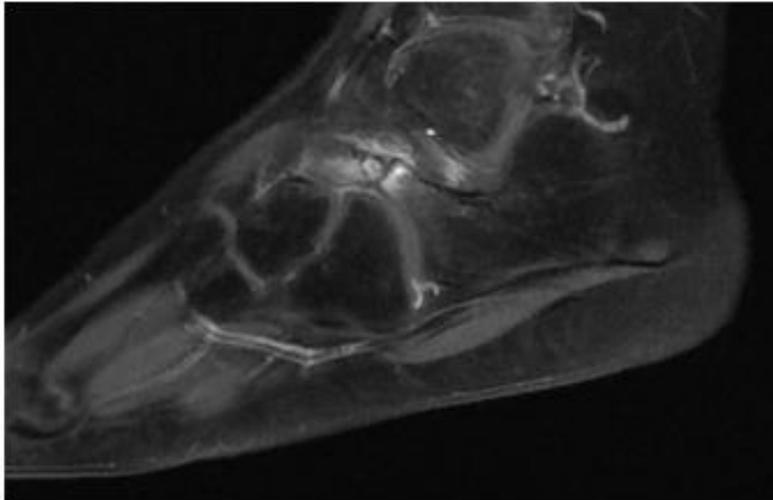


Image 18 (IRM) : Oedème sous-chondral des berges calcanéo-naviculaires et infiltration au pourtour

V. THERAPEUTIQUE.

Un projet thérapeutique est proposé aux formes symptomatiques après discussion. L'efficacité du traitement s'évalue sur la persistance ou non des douleurs et la reprise d'activités physiques.

A. Coalition vraie

1) *Traitement conservateur*

Un traitement orthopédique conservateur est indiqué en première intention afin de réduire la sollicitation de la coalition. Il repose sur l'utilisation de plâtres ou d'orthèses, la prescription d'anti-inflammatoires oraux ou locaux, le recours à des semelles orthopédiques, le tout associé aux bénéfices d'une rééducation (4, 5).

2) *Traitement chirurgical*

Une prise en charge chirurgicale est proposée en deuxième intention lorsque la symptomatologie persiste malgré le traitement conservateur bien conduit (19). En fonction du tableau clinique et de l'importance de la coalition, certains spécialistes s'orientent plus ou moins rapidement vers la chirurgie.

La technique la plus répandue consiste en une chirurgie ouverte. Le chirurgien résèque le pont tissulaire entre le calcanéus et le naviculaire par voie dorso-latérale afin de redonner de la mobilité et de la stabilité à cette région. Il interpose le plus souvent un tissu musculaire ou graisseux (5). Les enjeux post-opératoires immédiats sont de prévenir les douleurs post opératoires et favoriser une bonne cicatrisation cutanée. Après une immobilisation brève du pied et une rééducation active et passive, l'appui est possible précocement. Les complications post-opératoires précoces incluent essentiellement les infections sur site opératoire et les hématomes. Les risques tardifs sont la récurrence des douleurs et l'apparition d'une algoneurodystrophie (SDRC ...) (43). Certains centres préconisent la résection arthroscopique en alternative à la chirurgie ouverte.

B. TLAP

Le traitement est identique aux coalitions vraies.

Il est le plus souvent conservateur et fonctionnel au départ. La prise en charge chirurgicale est proposée le plus souvent en deuxième intention en cas d'échec du traitement conservateur. L'opération consiste en une résection du processus antérieur du calcanéus par voie dorso-latérale en laissant un espace libre d'un centimètre, ce qui redonne au pied des mouvements de plus grande amplitude. Une résection arthroscopique est également possible en alternative à la chirurgie ouverte (12, 13, 14, 15, 44)

VI. PROBLEMATIQUE

Les douleurs et l'instabilité chroniques de la cheville et du pied constituent un motif de consultation extrêmement fréquent en orthopédie infantile. Les médecins cliniciens y sont quotidiennement confrontés, parfois dans un contexte d'entorses à répétition et/ou de pied plat. En présence de ces symptômes, les chirurgiens orthopédistes infantiles évoquent de plus en plus l'hypothèse d'une coalition calcanéo-naviculaire (CCN) ou d'un « conflit calcanéo-naviculaire », sans pouvoir toujours présager du type d'anomalie (CCN « vraie » isolée, TLAP, CCN associée à une coalition talo-calcanéenne). Le tableau clinique reste en effet peu spécifique avec une symptomatologie clinique commune aux coalitions tarsiennes. En outre, la recherche en imagerie (scanner, IRM) d'un processus calcanéen trop long (TLAP) est de plus en plus fréquemment demandée alors que la sémiologie décrite dans la littérature radiologique est pauvre, pour ne pas dire inexistante.

L'objectif de mon travail était donc double : 1) M'intéresser tout particulièrement aux suspicions cliniques de TLAP afin de mieux préciser la sémiologie radiologique du processus calcanéen trop long. 2) Etudier dans quelle mesure l'imagerie permet de détecter les CCN vraies et d'en préciser le type

I. IMAGERIE DU TLAP SYNDROME

A. Problématique détaillée : TLAP et TLAP syndrome

Depuis les publications de Pouliquen dans les années 1990, nous observons un engouement croissant de nos collègues chirurgiens orthopédistes infantiles pour la recherche d'un bec calcanéen trop long (ou TLAP). Cette anomalie anatomique pourrait expliquer à elle-seule une douleur ou une instabilité lors de la pratique sportive ou de la marche quotidienne. Peu représenté dans les cohortes diagnostiques en orthopédie pédiatrique jusqu'à la fin du 20^e siècle, le TLAP est une pathologie de plus en plus évoquée au décours des consultations. En conséquence, les radiologues sont confrontés ces dernières années à des demandes croissantes d'examens d'imagerie à la recherche d'un TLAP. Cette entité d'évocation récente reste néanmoins peu explorée et à ce jour, peu ou pas de publications spécifiques à l'imagerie du TLAP existent : j'ai ainsi étudié 4 articles détaillant le TLAP écrits par Pouliquen (4, 9, 10, 11), 2 articles l'évoquant en alternative aux coalitions vraies (5,18), et 4 articles évaluant la prise en charge chirurgicale (12,13,14,15).

Le TLAP reste donc une entité floue pour les radiologues et son diagnostic en imagerie se limite actuellement à la mesure de la distance minimale séparant le calcanéus du naviculaire et à la recherche de signes indirects de conflit osseux. Ces derniers font presque toujours défaut. En définissant uniquement un bec calcanéen trop long sur une mesure isolée de distance minimale, notre expérience laisse supposer que beaucoup d'enfants ayant bénéficié d'une imagerie du pied pour un motif clinique autre que la

recherche de TLAP ont un processus calcanéen trop long selon ce critère. Ceci soulève la problématique du diagnostic de TLAP par excès.

Ces observations m'amènent à redéfinir le cadre nosologique du bec calcanéen trop long : d'un côté, une variante anatomique asymptomatique, largement représentée dans notre pratique quotidienne, que je désignerai par le terme "TLAP" ou bec calcanéen trop long (mais à risque supposé de manifestations cliniques ultérieures) et d'un autre côté, un bec calcanéen trop long symptomatique que je désignerai par le terme de "TLAP syndrome". Cette distinction entre la variante anatomique asymptomatique et la forme douloureuse n'est pas clairement énoncée dans les travaux de Pouliquen qui rassemble le tout sous le terme de « bec calcanéen trop long ou TLAP ». Pourtant, cette dichotomie est importante en raison de l'enjeu thérapeutique, différent dans le TLAP et le TLAP syndrome. Pour appuyer cette distinction, nous pouvons faire le parallèle avec l'os naviculaire accessoire de type 2 (variante anatomique) et le "syndrome de l'os naviculaire accessoire douloureux".

Le premier objectif de mon travail était donc de (re)définir la sémiologie radiologique du TLAP/TLAP syndrome afin d'éviter des diagnostics par excès en imagerie et d'apporter si possible des informations utiles aux chirurgiens orthopédistes infantiles pour la décision thérapeutique.

B. Matériels

1) Population étudiée

J'ai réalisé une étude rétrospective ciblant la population pédiatrique, les premiers symptômes apparaissant avant l'âge adulte. Il s'agissait d'enfants dont l'âge était inférieur à 18 ans, pris en charge au CHU de Lille dans le cadre de douleurs de pied et/ou d'instabilité persistante de la cheville. J'ai effectué un recensement des cas de février 2014 à janvier 2021.

2) Critères d'inclusion et d'exclusion

Les patients inclus ont tous bénéficié d'une imagerie du pied et de la cheville (radiographies et/ou scanner et/ou IRM). J'ai sélectionné les patients dont l'âge était inférieur à 18 ans et pour lesquels une imagerie était disponible sur le système de stockage radiologique du CHU de Lille (PACS, Philips isite). J'ai organisé ma recherche en deux phases successives afin d'obtenir une sélection de patients la plus exhaustive possible :

- J'ai d'abord étudié les archives de comptes-rendus d'imagerie réalisée au CHU de Lille en ayant recours au logiciel de recherche Illuminate Insight. Ce logiciel m'a permis de retrouver tous les patients ayant bénéficié de radiographies, scanners, et/ou IRM de la cheville et/ou du pied dont le compte-rendu d'imagerie comportait un ou plusieurs des termes suivants : "processus calcanéen ", "TLAP", « TLAP syndrome » ; "bec calcanéen", "rostre calcanéen", "coalition calcanéo--naviculaire".
- J'ai ensuite complété ma recherche en étudiant les archives du bloc opératoire d'orthopédie pédiatrique de l'hôpital Jeanne de Flandre. En effet, notre PACS héberge également des imageries réalisées hors CHU et chargées sur le PACS par les médecins cliniciens sans que les comptes-rendus ne soient disponibles (impossibles à répertorier par le logiciel Illuminate). Pour cela, le docteur Damien FRON, chirurgien orthopédique infantile, m'a transmis une liste exhaustive des enfants et adolescents opérés du pied à l'hôpital Jeanne de Flandre depuis janvier 2016, établie d'après le mot clé "pied". À partir des comptes-rendus opératoires, j'ai pu ainsi ajouter à ma première sélection de patients ceux opérés d'une CCN ou d'un TLAP syndrome et ayant une imagerie disponible sur le PACS.

J'ai ensuite restreint l'inclusion de mes patients aux diagnostics de bec calcanéen trop long en imagerie en me basant sur la mesure minimale des 5 mm pour un espace calcanéonaviculaire réduit. J'ai cependant exclu les patients dont la clinique n'était pas concordante

avec un TLAP syndrome (patient asymptomatique, topographie de la douleur n'ayant aucun rapport, ...) ainsi que ceux ayant un diagnostic clinique associé pouvant expliquer une symptomatologie douloureuse autre (os naviculaire accessoire, ostéochondrose, ...).

C. Méthodes

1) *Type d'étude*

Les données issues des dossiers clinico-radiologiques des enfants ont été évaluées par le biais d'une étude analytique, rétrospective, type cas-témoins non appariés.

2) *Recueil des données clinico-radiographiques initiales.*

Le PACS m'a donné accès à l'ensemble des données d'imagerie pour chaque patient inclus dans l'étude. À partir des pieds sélectionnés en imagerie, chaque patient a ensuite été recherché sur la base SILLAGE du CHU de Lille. J'ai ainsi eu accès à toutes les informations recueillies par mes collègues chirurgiens pédiatriques infantiles (anamnèse du patient, antécédents, symptomatologie clinique, examen clinique, thérapeutique, etc.) grâce aux courriers de consultation, d'hospitalisation, et aux comptes-rendus opératoires.

Les données que j'ai recueillies se répartissaient comme suit :

a. Données démographiques

Cela comprenait l'âge de début des symptômes et de la première consultation, le sexe de l'enfant, et ses antécédents.

b. Données cliniques

L'interrogatoire mentionnait des douleurs chroniques de la cheville, une instabilité chronique, des entorses à répétition. À l'examen clinique par les soins d'un chirurgien orthopédiste infantile, il pouvait exister un pied plat, une douleur élective, une raideur du pied, une douleur en manœuvre d'inversion/éversion. Le suivi du patient était également disponible dans le cadre de sa stratégie thérapeutique.

c. Données radiologiques

À partir du nom des patients, j'ai pu retrouver sur le PACS l'ensemble des examens d'imagerie disponibles que j'ai répartis par pied et anonymisé. Un patient ayant une atteinte bilatérale était donc considéré comme un double cas correspondant à deux dossiers anonymisés. La population était hétérogène en termes d'imagerie, avec différentes modalités d'imagerie associées (radiographies, IRM, scanner, radiographies + scanner, radiographies + IRM, IRM + scanner, radiographies + scanner + IRM).

Le PACS m'a donné accès non seulement aux imageries réalisées au CHU de Lille, mais également aux imageries réalisées en ville et chargées sur notre système d'exploitation.

d. Thérapeutiques

Certains patients ont pu bénéficier d'un traitement fonctionnel efficace ne nécessitant pas de chirurgie complémentaire, et d'un suivi prolongé jusqu'à disparition des symptômes. D'autres ont bénéficié d'une chirurgie immédiate ou après échec du traitement fonctionnel, suivie d'une rééducation et d'une réévaluation post-opératoire en consultation.

3) *Elaboration des groupes cas et témoin*

J'ai considéré une atteinte unilatérale comme un cas et une atteinte bilatérale comme deux cas. Lors de mes échanges avec les biostatisticiens du CHU de Lille, il a été décidé de créer un groupe « témoins non appariés aux cas ». Nous avons en effet considéré que

l'appariement par âge et par sexe présentait peu d'intérêt en raison de la variabilité des modalités d'imagerie disponibles, et qu'il était préférable d'analyser séparément les cas et les témoins. En contrepartie, il fallait inclure un plus grand nombre de témoins que de cas.

a. Définir le TLAP syndrome

Afin de pouvoir établir une sémiologie radiologique pour le TLAP syndrome, il a fallu trouver une définition s'appliquant à l'ensemble de mes cas et permettant d'affirmer le diagnostic de TLAP syndrome.

Devant un tableau clinique évocateur d'une CCN, l'existence d'une coalition vraie (facilement visible en imagerie) exclut le diagnostic de TLAP syndrome. Par ailleurs, un TLAP syndrome n'est pas possible sans TLAP : autrement dit, la distance CN est au moins toujours inférieure à 5 mm.

La définition du TLAP syndrome est ici composite : patients ayant un tableau clinique évocateur, un ECN inférieur à 5 mm, et pas d'arguments pour un autre diagnostic (CCN vraie, coalition talo-calcaneenne, ...). J'ai fait le choix de ne pas utiliser les constatations chirurgicales dans ma définition car les comptes-rendus opératoires ne décrivent pas plus d'éléments permettant de distinguer une variante anatomique asymptomatique (bec calcaneen long) d'un véritable TLAP syndrome. De plus, une partie non négligeable des patients inclus dans l'étude était soulagée après la période de rééducation et les traitements fonctionnels, sans avoir besoin de chirurgie, ce qui me permettait de maintenir un effectif de cas suffisamment important sans devoir exclure les patients non opérés.

b. Sélection des témoins

Les témoins devaient appartenir à la même tranche d'âge que les cas et avoir bénéficié des différentes modalités d'imagerie du pied (radiographies, scanner, IRM).

Ils ne devaient pas présenter de tableau clinique évocateur de CCN. Dans cette logique, j'ai écarté les bilans d'imagerie pour entorses et traumatismes de la cheville récidivants. J'ai tout de même inclus les bilans pour traumatisme isolé ou traumatisme violent (tel que les accidents de la voie publique). Concernant les bilans pour ostéochondrite du dôme du talus, j'ai écarté les ostéochondrites médiales car celles-ci peuvent être en lien avec des traumatismes répétés de la cheville (élément clinique retrouvé dans le TLAP syndrome). J'ai néanmoins gardé les ostéochondrites latérales ou centrales du dôme du talus. J'ai également écarté les maladies inflammatoires chroniques en phase active touchant le pied (OCRM, arthrite juvénile idiopathique) car un œdème osseux peut interférer dans les relectures d'imagerie.

Je m'attendais logiquement à ce que le groupe témoins rassemble à la fois des patients ayant un calcaneus normal ou un TLAP asymptomatique.

4) *Relecture des imageries.*

Après anonymisation des cas et des témoins en leur attribuant un numéro d'identification, 2 observateurs ont relu les différentes modalités d'imagerie (radiographies, scanner, IRM) des cas et des témoins en aveugle, sans avoir connaissance au préalable de l'histoire clinique et du diagnostic final. Les lecteurs ont travaillé de manière indépendante.

Je n'ai pas participé à la relecture des cas en raison de ma connaissance préalable des dossiers des patients et des témoins.

a. Grille de lecture : organisation

Une grille de lecture a été préalablement expliquée aux observateurs et les termes définis dans la grille ont été utilisés lors d'une session de lecture consensuelle. Une 2^e séance de lecture, à distance de la première, a été effectuée et les observateurs ont relu l'ensemble des radiographies, scanners et IRM des cas et témoins anonymisés. Je leur ai demandé de recenser la présence de différents signes en imagerie.

Pour chaque signe, les observateurs devaient répondre à un questionnaire en ligne élaboré par mes soins sur Google Form et choisir entre 1 (présent), 0 (absent), X (non analysable, incertitude). *Le questionnaire est disponible en annexe (« Lecture d'imagerie : TLAP »)*

Les données obtenues ont été rassemblées dans un tableau et envoyées au service de biostatistiques du CHU de Lille pour analyse.

Présentation et déroulement des différentes étapes du questionnaire :

1) Les observateurs commençaient par entrer le numéro d'identification du dossier anonymisé.

2) Ils indiquaient ensuite si des radiographies étaient disponibles. Si absentes, ils passaient à la section suivante. Si oui, ils devaient préciser successivement la présence ou l'absence des signes suivants en radiographie standard :

- Berges osseuses régulières ;
- Si radiographie de profil : bord inférieur du bec calcanéen au-dessus du bord inférieur du naviculaire ;
- Si radiographie oblique : « signe du nez de fourmilier » ;
- Si radiographie oblique : bec calcanéen long effilé ;
- Si radiographie oblique ou de face : « signe du nez de fourmilier inversé » ;
- Si radiographie de profil en charge : pied plat ;
- Si radiographie de profil : bec talien ;
- Si radiographie de profil : hypoplasie de la tête du talus/concavité du col.

Si possible, les observateurs devaient aussi mesurer la distance minimale de l'ECN sur une acquisition oblique du pied.

3) Les observateurs indiquaient ensuite si un scanner était disponible. Si non, ils passaient à la section suivante. Si oui, ils devaient préciser successivement la présence ou l'absence des signes suivants au scanner :

- Berges osseuses régulières ;
- « Signe du nez de fourmilier » ;
- Bec calcanéen long effilé ;
- « Signe du nez de fourmilier inversé » ;
- Bec talien ;
- Hypoplasie de la tête du talus/ concavité du col ;
- Eminence médiale du cuboïde tronquée.

Les observateurs devaient ensuite préciser la distance minimale de l'ECN à partir des reconstructions adaptées.

4) Les observateurs indiquaient si une IRM était disponible. Si non, ils passaient à la section suivante. Si oui, ils devaient préciser successivement la présence ou l'absence des signes suivants :

- Signal graisseux dans l'ECN ;
- Berges osseuses régulières ;
- « Signe du nez de fourmilier » ;
- Bec calcanéen long et effilé ;
- « Signe du nez de fourmilier inversé » ;
- Bec talien ;
- Hypoplasie de la tête du talus/concavité du col ;
- Œdème sous-chondral calcanéen et/ou naviculaire ;
- Œdème sous-chondral du talus ;
- Lésion cartilagineuse du talus ;

- Œdème des parties molles ;
- Épanchement articulaire calcanéo-naviculaire.

Je leur ai également demandé de mesurer si possible l'ECN en IRM.

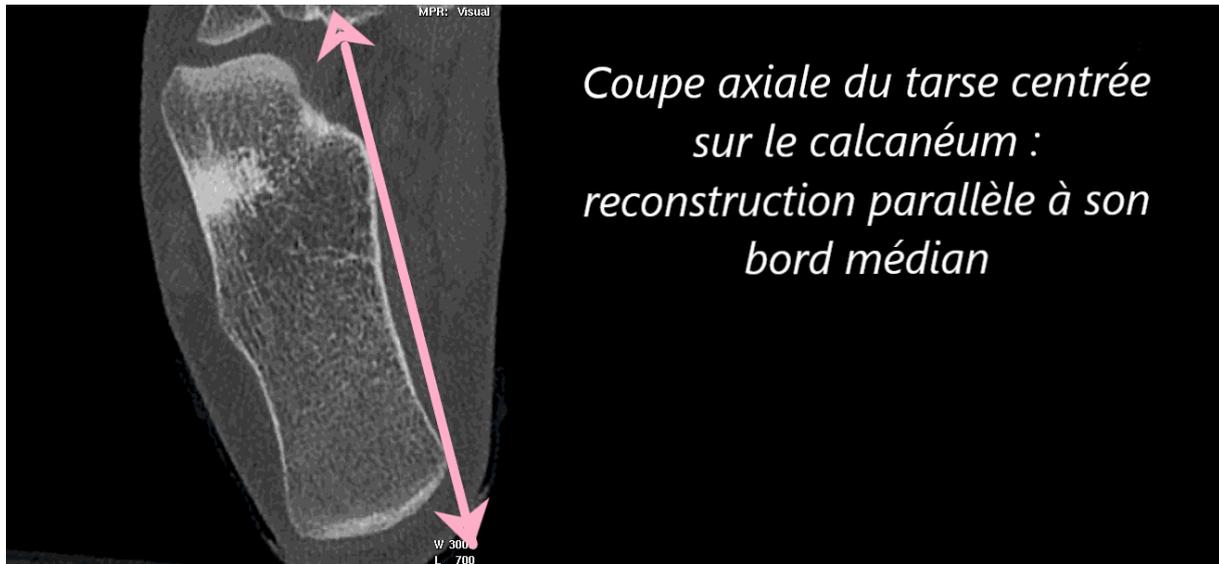
b. Grille de lecture : précisions méthodologiques

- ***Analyse de l'espace calcanéo-naviculaire (ECN)***

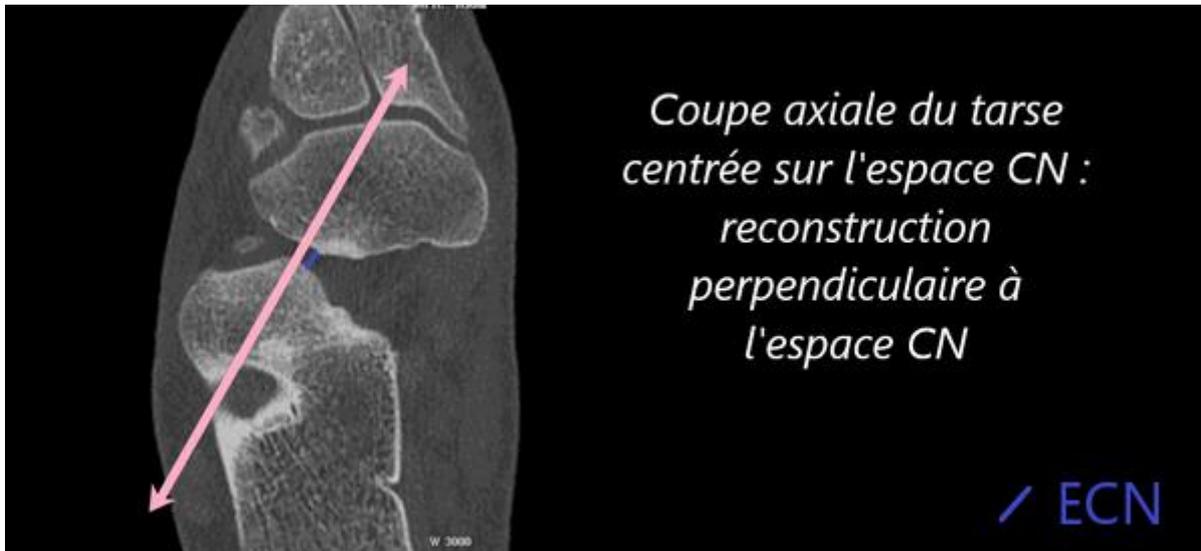
En radiographie, l'analyse de l'ECN était obtenue surtout sur les incidences obliques.

L'interprétation des scanners nécessitait au préalable des reconstructions particulières dans les 3 plans de l'espace pour l'analyse de l'espace calcanéo-naviculaire (cf. infra) avec une épaisseur de coupe de 3 mm. Une lecture en 3D des scanners était également disponible. J'ai précisé en particulier les reconstructions en TDM dans les 3 plans de l'espace afin d'analyser au mieux l'ECN. Deux méthodes m'ont paru intéressantes car permettant chacune d'obtenir une mesure minimale adaptée de l'espace CN :

Méthode 1 : La plus facile, à partir d'une coupe axiale, consistait à se positionner dans le plan parallèle au bord médial du calcanéus (axe antéro-postérieur du calcanéus). Cette méthode analyse particulièrement bien la morphologie du processus antérieur du calcanéus en coupes sagittales obliques. J'avais en effet constaté que quelques articles s'intéressant à l'imagerie des CCN privilégiaient cette reconstruction (26, 45). Cette reconstruction est cependant limitée lors des déformations importantes du pied (notamment en valgus).



Méthode 2 : La deuxième permet selon moi une meilleure analyse du versant naviculaire, notamment pour le “signe du nez de fourmilier inversé”, tout en s’affranchissant au mieux des variations positionnelles du pied. Elle consiste, sur une coupe axiale, à se mettre dans le plan perpendiculaire à l’ECN pour obtenir une coupe sagittale oblique permettant apprécier d’avantage la morphologie du naviculaire. Par ailleurs, cette méthode permet également une mesure précise de l’espace CN en alternative à la première méthode lors des déformations importantes : la mesure peut être réalisée aussi bien sur la coupe axiale centrée sur l’ECN (Méthode 3) que sur la reconstruction sagittale oblique.



En IRM, la mesure de l'ECN est mieux réalisée sur les séquences en pondération T1 quand celles-ci sont disponibles, en particulier la coupe axiale. La coupe sagittale n'offre pas toujours un bon alignement entre l'os naviculaire et de l'os calcanéen, rendant difficile cette mesure.

- ***Epanchement articulaire***

En IRM, j'ai distingué dans mon questionnaire l'infiltration œdémateuse des parties molles au pourtour de la région calcanééo-naviculaire de l'épanchement articulaire. En pratique, ces deux entités sont en hypersignal T2/STIR mais l'épanchement s'infiltré et dessine les contours des différentes structures osseuses du tarse tandis que l'infiltration œdémateuse des parties molles est focale, plus hétérogène, en hypersignal T2 moins liquidien.

c. Établir un diagnostic final

Au terme de la relecture des imageries médicales disponibles, les observateurs devaient conclure : TLAP syndrome (quand signes indirects associés), TLAP, normal.

5) *Analyse des résultats*

Les variables qualitatives ont été décrites en termes de fréquence et de pourcentage. Les variables quantitatives gaussiennes ont été décrites en termes de moyenne et de déviation standard et les variables quantitatives non gaussiennes en termes de médiane et d'intervalle interquartiles. La normalité des variables quantitatives a été vérifiée graphiquement et testée à l'aide du test de Shapiro-Wilk.

Les statistiques ont été réalisées par l'Unité de Méthodologie - Biostatistique du CHU de Lille. Des tests bilatéraux ont été réalisés avec un niveau de significativité de 5%. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS (SAS Institute version 9.4).

À partir des données rassemblées dans un tableau et organisées en réponse binaire, le plan d'analyse était le suivant :

- Analyser d'un point de vue descriptif et épidémiologique le bec calcanéen trop long (âge, sexe, ...). La fréquence d'observation du bec calcanéen long a été estimée avec son intervalle de confiance à 95%. La recherche des facteurs associés à un bec calcanéen long a été réalisée à l'aide d'un test du Chi-deux pour le sexe et à l'aide d'un test du U de Mann-Whitney pour l'âge.
- Déterminer si possible un seuil pour la mesure de l'ECN permettant de distinguer les cas et les témoins. La valeur seuil optimale a été déterminée en utilisant la méthode de maximisation de l'index de Youden. La sensibilité et la spécificité pour la valeur seuil optimale a été calculée. La mesure minimale retenue pour chaque patient reposait en priorité sur les données du scanner. En l'absence de scanner, il fallait sélectionner la plus petite mesure entre les radiographies ou l'IRM.

- Réaliser une étude analytique afin de comparer les cas et les témoins sur la fréquence d'observation des différents critères en imagerie. La comparaison des cas aux témoins a été effectuée à l'aide d'un test du Chi-deux ou de Fisher exact (lorsque les conditions de validité du test du Chi-deux n'étaient pas vérifiées) pour les variables binaires, à l'aide d'un test du U de Mann-Whitney pour l'âge et à l'aide d'un test de Student pour la mesure de l'ECN. L'analyse des données n'a pas été réalisée lorsque les effectifs théoriques étaient réduits (<8). Les résultats étaient significatifs lorsque "p" était <0,05. L'analyse fut complétée par des critères composites associant deux signes radiologiques présents chez un même patient, incluant notamment un ECN inférieur à la mesure seuil obtenue.

II. IMAGERIE DES COALITIONS VRAIES

A. Problématique détaillée

En s'intéressant à l'anamnèse des patients pris en charge pour une CCN vraie, il semble exister une symptomatologie plus prononcée pour le groupe des synfibroses et des synchondroses que pour les synostoses, ce qui peut s'expliquer par la meilleure stabilité d'un pont osseux. Cela se traduit par une prise en charge uniquement conservatrice plus fréquente avec les synostoses.

Par ailleurs, les signes radiologiques théoriques des coalitions vraies sont déjà étudiés dans la littérature et sont bien connus des radiologues spécialisés. Dans la pratique et avec l'expérience il est aisé de poser le diagnostic de synostose en imagerie. A l'inverse, le doute persiste bien souvent entre synfibrose et synchondrose et le radiologue s'efforce au mieux de distinguer ces deux entités au prix d'une importante variabilité inter-observateur.

Du point de vue des chirurgiens le diagnostic précis du type de coalitions vraies est apporté par l'étude anatomopathologique de la pièce d'exérèse. Mais en pratique, l'envoi du matériel chirurgical est rarement fait et les chirurgiens se contentent de leurs observations pour remplir le compte-rendu opératoire. A la lecture de ces comptes-rendus, le diagnostic de synostose m'a semblé aisément posé, le pont osseux pouvant être objectivable visuellement. A l'inverse, les comptes-rendus opératoires ne tranchaient que très rarement entre synfibroses et synostoses, l'œil nu ne pouvant les distinguer, et quelques chirurgiens se contentaient du terme "synostose" pour tout type de coalition vraie, cet amalgame étant vraisemblablement sans conséquence puisque la prise en charge ne diffère pas entre ces formes.

Il semble ressortir de ces observations une dichotomie synostose versus synfibrose/synchondrose aussi bien du point de vue du radiologue que de celui du chirurgien.

Le deuxième objectif de ce travail était de souligner l'intérêt ou pas à distinguer en imagerie les synfibrose et synchondrose compte-tenu d'une importante discordance entre radiologues, l'absence d'impact thérapeutique, et l'absence de confirmation chirurgicale.

B. Matériels

1) Population étudiée

J'ai réalisé une étude rétrospective dont le but était d'évaluer la pertinence de notre analyse des coalitions vraies en pratique radiologique. J'ai ciblé la population pédiatrique compte tenu des descriptions dans la littérature et de notre expérience, les premiers symptômes apparaissant le plus souvent avant l'âge adulte. Il s'agissait d'enfant dont l'âge était inférieur à 18 ans, pris en charge au CHRU de Lille dans le cadre de douleurs de pied et d'instabilité

persistante de la cheville. J'ai fait un recensement des cas depuis juillet 2010 jusque janvier 2021.

2) *Critères d'inclusion et d'exclusion*

Les patients inclus ont tous bénéficié d'une imagerie médicale (radiographies et/ou scanner et/ou IRM) avant d'être opérés. J'ai sélectionné les patients dont l'âge était inférieur à 18 ans, pris en charge au bloc opératoire pour une CCN « vraie » et pour qui une imagerie était disponible sur le système de stockage radiologique du CHU de Lille (PACS, Philips Isite). J'ai organisé ma recherche de cas à partir des archives du bloc opératoire d'orthopédie pédiatrique de l'hôpital Jeanne de Flandre. Je disposais de la liste exhaustive des patients opérés du pied depuis janvier 2016, transmise par le docteur Damien FRON et établie d'après le mot clé "pied". À partir des comptes-rendus opératoires, j'ai sélectionné tous les patients opérés pour lesquels une imagerie était disponible sur le PACS du CHU de Lille (imagerie réalisée au CHU ou à l'extérieur). À partir de cette première sélection de patients, j'ai exclu les cas de CCN avec un pont osseux complet à l'imagerie (synostose complète). J'ai également écarté les cas de synostose partielle car la constatation d'un contact osseux, quel que soit sa taille, peut influencer les comptes-rendus opératoires. Ce choix sélectif n'écartait de l'étude que peu de patient car les synostoses, étant moins symptomatiques que les autres coalitions (synfibroses/synchondroses), sont moins opérées.

C. Méthodes

1) *Type d'étude*

Les données issues des dossiers clinico-radiologiques des patients ont été évaluées par le biais d'une étude épidémiologique, descriptive, et rétrospective, basée sur un calcul de concordance.

2) *Recueil des données clinico-radiographiques initiales.*

À partir des cas sélectionnés dans les archives du bloc opératoire pédiatrique, chaque patient a ensuite été recherché sur la base SILLAGE du CHRU de Lille. J'ai ainsi eu accès à toutes les informations établies par nos collègues chirurgiens pédiatriques travaillant à Jeanne de Flandre (anamnèse, antécédents, symptomatologie, examen clinique, thérapeutique, ...) à partir des courriers de consultations, d'hospitalisation et des comptes-rendus opératoires. Mon attention s'est particulièrement portée sur les comptes-rendus opératoires et les courriers d'hospitalisation pour chirurgie du pied. La base de stockage radiologique du CHU (PACS) m'a donné accès à l'ensemble des examens d'imagerie pour chaque patient inclus dans l'étude.

Voici les données que j'ai recueillies :

a. Données démographiques, cliniques, et radiologiques.

Les données recueillies étaient ici du même genre que dans la première étude sur le TLAP syndrome.

b. Thérapeutiques

Les patients ont bénéficié d'une chirurgie immédiate ou après échec du traitement fonctionnel, suivie d'une rééducation et d'une réévaluation post-opératoire en consultation. Les comptes-rendus opératoires et les courriers d'hospitalisation détaillent les constatations et les actes chirurgicaux.

3) *Relecture des imageries.*

a. Organisation

J'ai considéré une atteinte unilatérale comme un cas et une atteinte bilatérale comme deux cas. Lors de mes échanges avec les biostatisticiens du CHU de Lille, nous avons

jugé qu'une relecture par deux observateurs était suffisante pour étudier une concordance. La relecture des imageries a été faite par le Pr N.BOUTRY et moi-même, en parallèle. Par ailleurs, l'anonymisation des cas n'était pas indispensable dans le cadre de cette étude descriptive d'autant que j'ai participé à la relecture.

b. Grille de lecture

J'ai présenté au Pr N. BOUTRY une grille de lecture lors d'une session de lecture consensuelle. Nous avons recensé ensuite chacune de notre côté la présence de signes en imagerie et avons relu en parallèle l'ensemble des radiographies, scanners et IRM disponibles. La méthode d'analyse de l'ECN en imagerie était la même que celle détaillée dans l'étude du TLAP syndrome. Pour chaque signe, il fallait répondre à un questionnaire spécifique, élaboré par mes soins, et choisir entre 1 (présent), 0 (absent) et X (non analysable, incertitude). Les données obtenues ont été rassemblées dans un tableau et envoyées au service de Biostatistiques du CHU de Lille pour être interprétées.

Le questionnaire fut sensiblement identique à celui élaboré pour le TLAP syndrome, reposant également sur un modèle "google form". Il y eut cependant des items ajoutés ("berges pincées/irrégulières/condensées" et la recherche d'un "os surnuméraire à type d'os calcaneus secundarius") dans les trois modalités d'imagerie, un item modifié (l'analyse du signal de l'ECN en IRM : fibreux, cartilagineux, fibreux+cartilagineux), et des items supprimés (la mesure de l'ECN et les anomalies de signal du talus en IRM). Pour chaque item, les observateurs pouvaient répondre 'X' (ou "neutre") quand il n'était pas possible de trancher. Au terme de la relecture des imageries disponibles, les observateurs devaient poser un diagnostic final : synfibrose, synchondrose ou "X" (neutre : mixte ou doute).

4) *Analyse des résultats*

a. Recueil des constatations chirurgicales.

J'ai relu l'ensemble des constatations chirurgicales fournies par nos collègues chirurgiens dans leurs comptes-rendus opératoires et lettres d'hospitalisation pour résection des CCN. Malgré l'absence de pont osseux en imagerie, j'ai constaté que beaucoup de chirurgiens employaient le terme de synostose sans préciser l'existence d'une synfibrose/synchondrose. Après renseignements auprès de mes collègues d'orthopédie pédiatrique à Jeanne de Flandre, il semblerait que l'amalgame soit fréquent et que beaucoup de chirurgiens utilisent de manière interchangeable le terme de « synostose » pour désigner tout type de coalition, sans distinguer les synostoses des synfibroses/synchondroses.

Une variable de mon étude s'intéressait à la constatation chirurgicale et au diagnostic évoqué dans les comptes-rendus opératoires : les données se répartissent entre "synfibrose", "synchondrose" ou "neutre" (pour les termes "synostose" ou "coalition").

b. Phase d'analyse

A partir des données rassemblées dans un tableau et organisées en réponse triple, le plan d'analyse était le suivant :

- Croiser les réponses de l'observateur 1 à celles de l'observateur 2. Le taux de concordance entre les réponses de l'observateur 1 et de l'observateur 2 a été calculé.
- Croiser les réponses de chaque observateur à celles des constatations chirurgicales quant au diagnostic final. Le taux de concordance entre les constatations chirurgicales et le diagnostic final en imagerie a été calculé chez les 2 observateurs.

RÉSULTATS

I. ETUDE DU TLAP SYNDROME

A. Description de la population générale

1) *Données démographiques*

Sur la période de février 2014 à janvier 2021, j'ai recensé 128 patients (N= 128) répondant à mes critères d'inclusion et d'exclusion. Parmi eux, 38 patients ont été considérés comme « TLAP syndrome » (n = 38 cas, 29,7%) et 90 patients comme « témoins » (n =90 cas, 70,3%).

Sur les 128 patients inclus dans l'étude, il y a eu 77 filles (60,2%) et 51 garçons (39,8%). L'âge des patients au moment de leur premier examen d'imagerie disponible variait entre 8 et 16 ans avec une médiane de 12 ans.

2) *Examens d'imagerie*

Parmi les 128 patients, je disposais de radiographies chez 69 enfants (53,9%), de scanners chez 78 enfants (60,9%) et d'IRM chez 72 enfants (56,3%).

Les radiographies correspondaient à des incidences de profil de pied et/ou de la cheville, à des incidences de face et à des obliques de pied.

Les scanners étaient tous restructurables dans les 3 plans en fenêtre osseuse. Ils ont été réalisés sans injection de produit de contraste iodé et certains d'entre eux (notamment dans le groupe témoin) étaient des arthroscanners.

Les IRM disponibles présentaient des protocoles variables mais chaque IRM comportait au moins une acquisition sagittale plus ou moins associée à des acquisitions axiales et coronales. Quarante-sept IRM furent réalisées avec injection de gadolinium.

| VARIABLES | | | DESRIPTIF |
|--------------|----------------------|-------------------|-----------|
| Nom | Unité | Modalités | N=128 |
| GROUPE | N(%) | Témoïn | 90 (70.3) |
| | | Cas | 38 (29.7) |
| SEXE | N(%) | Garçon | 51 (39.8) |
| | | Fille | 77 (60.2) |
| RADIOGRAPHIE | N(%) | NON | 59 (46.1) |
| | | OUI | 69 (53.9) |
| SCANNER | N(%) | NON | 50 (39.1) |
| | | OUI | 78 (60.9) |
| IRM | N(%) | NON | 56 (43.8) |
| | | OUI | 72 (56.3) |
| AGE | N | 128 | |
| | Données manquantes | 0 | |
| | Moyenne ± Ecart-type | 12.0 ± 2.2 | |
| | Médiane (Q1; Q3) | 12.0 (10.0; 14.0) | |
| | Minimum Maximum | 8.0 16.0 | |

Tableau 1 : Caractéristiques démographiques et radiologiques de la population

B. Analyse descriptive.

Les données manquantes comprennent l'absence d'imagerie disponible et l'impossibilité de répondre.

1) *Données générales :*

Ces données portent sur l'ensemble des réponses, cas et témoins confondus. Elles sont disponibles dans le tableau 2 en annexe.

- En radiographie :

Sur les 69 radiographies disponibles, deux signes sont presque toujours décrits (les berges régulières (97,1%) et le bec haut situé (91,9%)), suivi par le nez de fourmilier (66,7%). À l'inverse, le bec effilé (1,5%) et le nez de fourmilier inversé (3,4%) sont peu retrouvés.

Les résultats sont plus mitigés pour le bec talien (30,8 %) et l'hypoplasie de la tête du talus (39,4%).

Le pied plat n'est pas interprétable car trop de données sont manquantes (absence de radiographie de profil en charge le plus souvent).

- En scanner :

Sur les 78 scanners disponibles, les berges régulières (94,9%) sont encore une fois majoritairement retrouvées. Le nez de fourmilier inversé (3,9 %) et l'éminence médiane tronquée du cuboïde (9,5%) sont peu décrits. Les résultats sont plus mitigés pour le nez de fourmilier (33,3%), le bec effilé (29,9%), le bec talien (35,1%) et l'hypoplasie de la tête du talus (28,2%)

- En IRM :

Sur les 72 IRM disponibles, les berges régulières (94,4%) sont le plus souvent décrites. À l'inverse, le nez de fourmilier inversé (4,2 %), l'œdème sous-chondral calcanéo-naviculaire (6,9%), les lésions cartilagineuses du talus (1,4%), et l'œdème des parties molles (4,2%) sont peu retrouvés. Les résultats sont plus mitigés pour un signal graisseux dans l'ECN (50%), le nez de fourmilier (36,1%), le bec effilé (19,4 %), le bec talien (29,4 %), l'hypoplasie de la tête du talus (36,6%), l'œdème sous-chondral du talus (12,5%) et l'épanchement dans l'espace calcanéo-naviculaire (37,5%).

2) *Prévalence du bec long*

Dans cette étude rassemblant 128 patients, un bec calcanéen long (ECN < 5 mm) est retrouvé chez 88 enfants (71,54%), avec seulement 5 données manquantes. On obtient ainsi une prévalence du bec calcanéen long dans la population étudiée de 71,54% avec un intervalle de confiance à 95% entre 62,7% et 79,3%.

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Prévalence du bec : calcanéen long | 71,5 % [62,7; 79,3] |
|---------------------------------------|---------------------|

Tableau 3 : prévalence

3) *Mesure minimale de l'ECN*

La mesure minimale de l'ECN a été effectuée chez 110 patients (18 données manquantes du fait de l'impossibilité de mesurer correctement sur certaines IRM ou radiographies uniquement disponibles).

Le minimum est de 0,9 mm et le maximum de 9,3 mm, avec une médiane de 3,2 mm.

Sur les 78 scanners, la mesure la plus précise a été obtenue 9 fois avec la méthode 1 (11,5%), 39 fois avec la méthode 2 (50%), et 30 fois avec la méthode 3 (38,5%)

| | | |
|--------------------------|----------------------|-----------------|
| Mesure minimale de l'ECN | N | 110 |
| | Données manquantes | 18 |
| | Moyenne ± Ecart-type | 3.6 ± 1.8 |
| | Médiane (Q1;Q3) | 3.2 (2.3 ; 4.7) |
| | Minimum Maximum | 0.9 9.3 |

Tableau 4 : mesure minimale de l'ECN

4) *Répartitions des données dans le groupe "TLAP syndrome"*

Les données sont disponibles dans les tableaux 7 et 8 en annexe.

Les critères composites ont été élaborés à partir de la répartition isolée des signes en imagerie chez les cas de TLAP syndrome (Figure 1, 2 et 3) par rapport aux témoins (Tableau 7) : les signes trop fréquents et communs (tels que les berges régulières) ou à l'inverse trop rares (tels que le bec de fourmilier inversé) n'ont pas été inclus. L'analyse s'est notamment intéressée à la présence de signes indirects associés à une mesure de l'ECN inférieur à un seuil énoncé plus bas (tableau 6).

En radiographie :

On peut observer que :

- 82,1% des cas présentent un nez de fourmilier,
- 44,4% ont un bec talien,
- 25 % ont une hypoplasie de la tête du talus.

Concernant les critères composites :

- 44,4% des cas présentent à la fois un nez de fourmilier et un bec talien,
- 17,9% ont à la fois un bec de fourmilier et une hypoplasie de la tête du talus.

En incluant la valeur seuil obtenue et énoncée plus bas :

- 33,3% ont un ECN inférieur à 3,2 mm et un bec talien,
- 54,5% ont un ECN inférieur à 3,2 mm et un nez de fourmilier,
- 22,7% ont un ECN inférieur à 3,2 mm et une hypoplasie de la tête du talus.

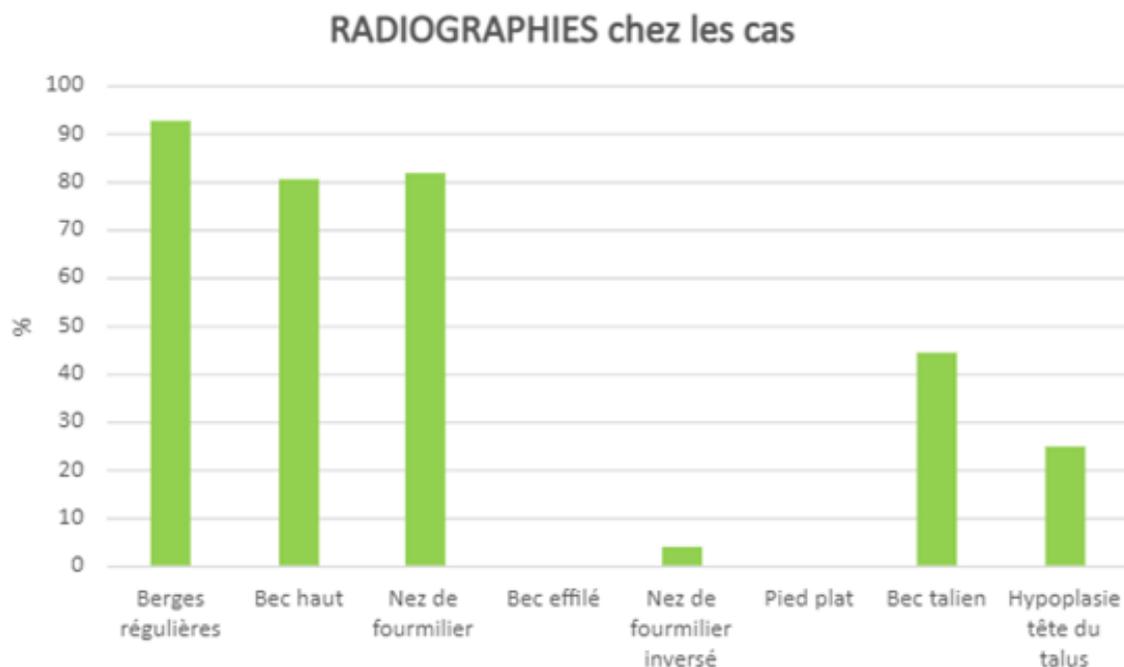


Figure 1 : Répartition des signes en radiographie chez les cas de Tlap Syndrome

En scanner :

Je retiens notamment que :

- 55,2 % des cas présentent un nez de fourmilier,
- 39,3% ont un bec effilé,
- 46,4% ont un bec talien,
- 20,7 % ont une hypoplasie de la tête du talus.

Parmi les critères composites :

- 21,4% des cas ont à la fois un nez de fourmilier et un bec talien,
- 18,5% ont un bec effilé et un bec talien,
- 21,4% ont un bec effilé et une hypoplasie de la tête du talus.

En prenant la valeur seuil de l'ECN :

- 39,3% ont un ECN inférieur à 3,2 mm et un bec talien

- 51,7% ont un ECN inférieur à 3,2 mm et un nez de fourmilier
- 20,7% ont un ECN inférieur à 3,2 mm et une hypoplasie de la tête du talus.
- 39,3% ont un ECN inférieur à 3,2 mm et un bec effilé

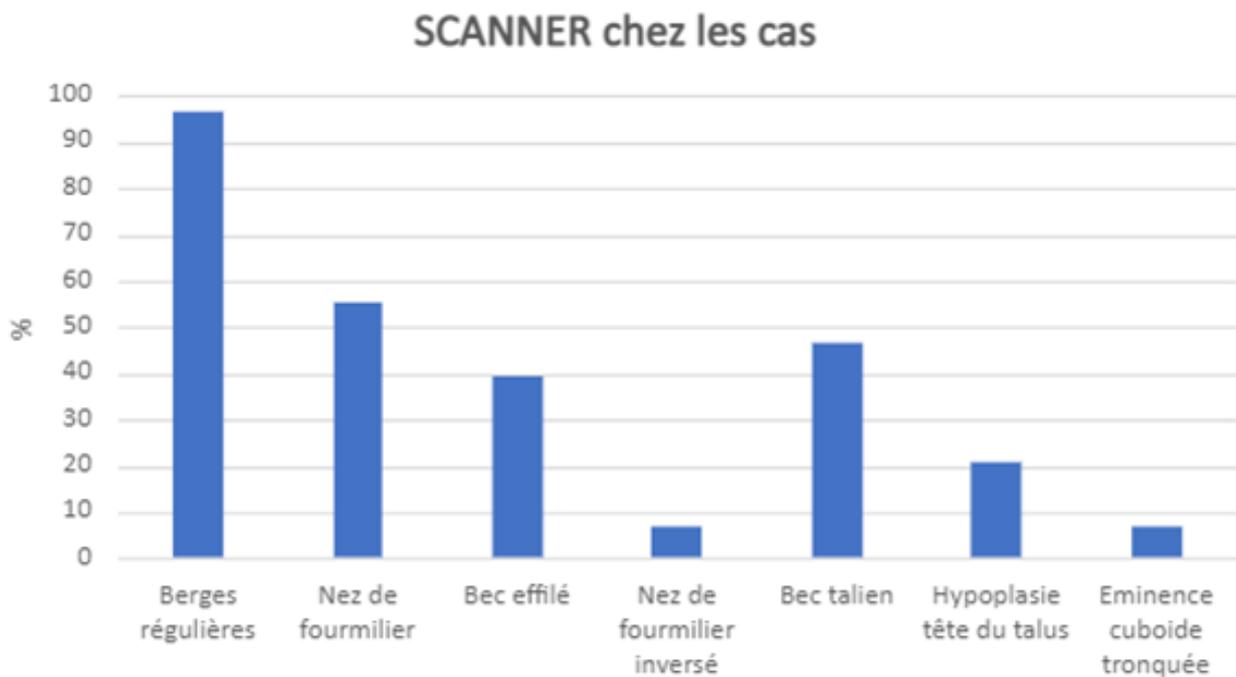


Figure 2 : Répartition des signes en scanner chez les cas de Tlap syndrome

En IRM :

Parmi les signes étudiés, je remarque que :

- 45% des cas présentent un signal graisseux dans l'ECN,
- 57,1 % ont nez de fourmilier,
- 28,6 % ont un bec effilé,
- 50 % ont un de bec talien,
- 33,3 % ont une hypoplasie de la tête du talus,
- 33,3% ont un épanchement.

Parmi les critères composites :

- 30% ont à la fois un nez de fourmilier et un bec talien,

- 14,3% ont à la fois un bec de fourmilier et une hypoplasie de la tête du talus,
- 28,6% ont à la fois un épanchement et un nez de fourmilier,
- 15% ont à la fois un épanchement et un bec talien,
- 14,3% ont à la fois un épanchement et une hypoplasie de la tête du talus.

En prenant la valeur seuil énoncée plus bas :

- 52,9% ont un ECN inférieur à 3,2 mm et un bec talien,
- 50% ont un ECN inférieur à 3,2 mm et un nez de fourmilier,
- 27,8% ont un ECN inférieur à 3,2 mm et un épanchement.

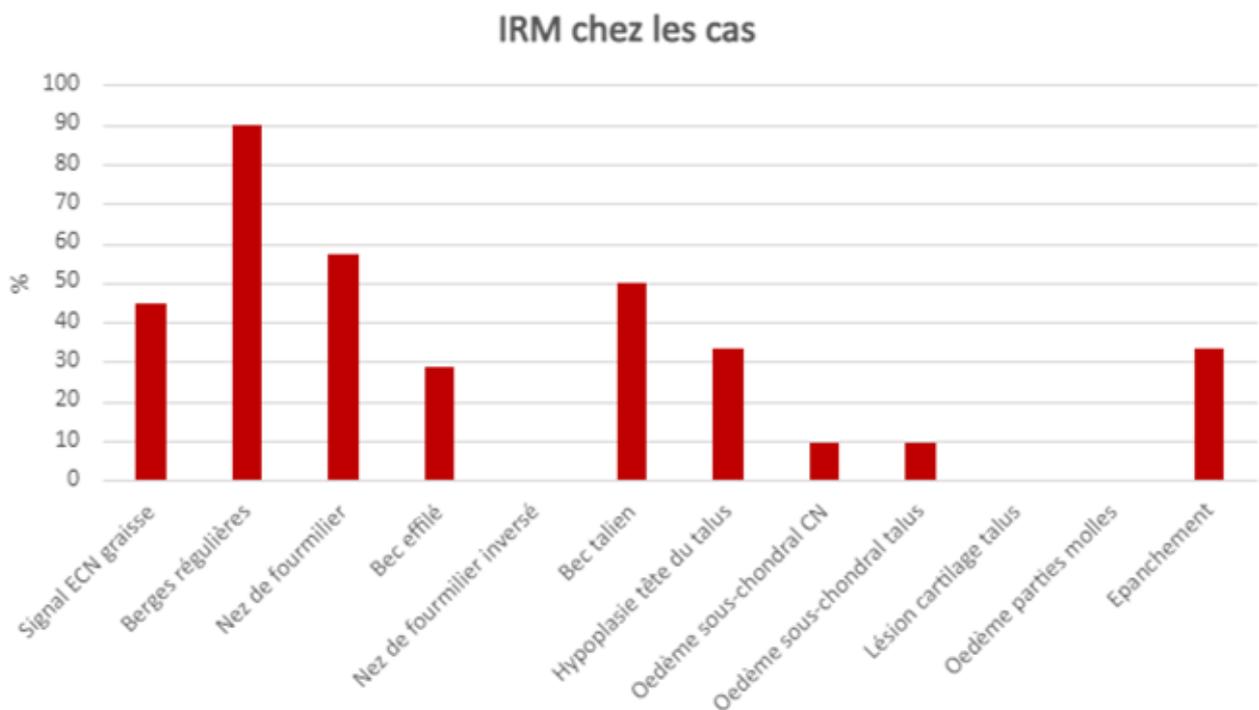


Figure 3 : Répartition des signes en IRM chez les cas de Tlap syndrome

C. Résultats de l'étude analytique

1) Comparabilité :

Il existe une différence significative entre les cas et les témoins concernant le sexe, les radiographies et les scanners disponibles (il y a proportionnellement plus de filles, de

radiographies et de scanners chez les cas). À l'inverse, les groupes sont comparables pour l'âge (âge du premier examen d'imagerie disponible) et pour l'IRM.

| Variable | | | Comparaison des groupes | | Test | pvalue |
|--------------|-------|----------------------|-------------------------|--------------------|-----------------|--------|
| Nom | Unité | Modalités | Témoins N=90 | Cas N=38 | | |
| SEXE | N(%) | Garçon | 47 (52.2) | 4 (10.5) | Test : Khi-Deux | <0.001 |
| | | Fille | 43 (47.8) | 34 (89.5) | | |
| | | Données manquantes | 0 | 0 | | |
| RADIOGRAPHIE | N(%) | NON | 50 (55.6) | 9 (23.7) | Test : Khi-Deux | <0.001 |
| | | OUI | 40 (44.4) | 29 (76.3) | | |
| | | Données manquantes | 0 | 0 | | |
| SCANNER | N(%) | NON | 41 (45.6) | 9 (23.7) | Test : Khi-Deux | 0.020 |
| | | OUI | 49 (54.4) | 29 (76.3) | | |
| | | Données manquantes | 0 | 0 | | |
| IRM | N(%) | NON | 39 (43.3) | 17 (44.7) | Test : Khi-Deux | 0.88 |
| | | OUI | 51 (56.7) | 21 (55.3) | | |
| | | Données manquantes | 0 | 0 | | |
| AGE | | N | 90 | 38 | Test : Wilcoxon | 0,055 |
| | | Données manquantes | 0 | 0 | | |
| | | Moyenne ± Ecart-type | 11.8 ± 2.3 | 12.6 ± 1.9 | | |
| | | Médiane (Q1;Q3) | 12.0 (10.0 ; 13.0) | 13.0 (12.0 ; 14.0) | | |
| | | Minimum Maximum | 8.0 16.0 | 8.0 16.0 | | |

Tableau 5 : comparabilité des groupes cas et témoins

2) Analyse épidémiologique du bec calcanéen long

Dans cette étude, le bec calcanéen long est significativement plus fréquent chez les filles (70,5%) que chez les garçons (29,5%) ($p < 0,01$). Il existe également des résultats significatifs concernant l'âge au diagnostic du bec calcanéen long ($p < 0,01$) : l'âge médian est de 13 ans avec une moyenne de 12,6 ans (+/- 2,2).

| Variable | | | Comparaison des groupes* | | Test | pvalue |
|-------------------------------|-------|----------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|
| Nom | Unité | Modalités | Bec normal N=35 | Bec long N=88 | | |
| SEXE | N(%) | Garçon | 24 (68.6) | 26 (29.5) | Test : Khi-Deux | <0.001 |
| | | Fille | 11 (31.4) | 62 (70.5) | | |
| | | Données manquantes | 0 | 0 | | |
| MATRICE CARTILAGINEUSE EN IRM | N(%) | NON | 18 (81.8) | 43 (93.5) | | NA : effectif < 8 |
| | | OUI | 4 (18.2) | 3 (6.5) | | |
| | | Données manquantes | 13 | 42 | | |
| AGE | | N | 35 | 88 | Test : Wilcoxon | <0.001 |
| | | Données manquantes | 0 | 0 | | |
| | | Moyenne ± Ecart-type | 10.8 ± 1.7 | 12.6 ± 2.2 | | |
| | | Médiane (Q1;Q3) | 10.0 (10.0 ; 12.0) | 13.0 (11.0 ; 14.0) | | |
| | | Minimum Maximum | 8.0 15.0 | 8.0 16.0 | | |

Tableau 9 : Analyse épidémiologique du bec calcanéen long (ECN < 5 mm)
(* : 5 données manquantes)

3) *Mesure seuil de l'ECN :*

L'objectif était de trouver une valeur seuil significative de l'ECN permettant de distinguer les cas et les témoins : l'analyse retrouve une valeur de 3,2 mm, avec une sensibilité de 97% et une spécificité de 70%.

| | | | |
|------------------------------|--------|------------|------------|
| ECN : Seuil de mesure | 3,2 mm | Se = 97,1% | Sp = 70,7% |
|------------------------------|--------|------------|------------|

Tableau 6 : seuil de mesure minimal de l'ECN dans le TLAP syndrome

4) *Analyse séméiologique du TLAP syndrome :*

Certains signes ne sont pas analysés en raison des effectifs réduits.

- **Signes indépendants**

Les données sont disponibles en annexe dans le tableau 7.

En radiographie, seul le nez de fourmilier ($p=0,02$) et le bec talien ($p= 0,04$) sont significatifs pour le TLAP syndrome. À l'inverse, l'hypoplasie de la tête n'est pas significative.

En scanner, seul le nez de fourmilier ($p<0,01$) est significatif pour le TLAP syndrome. À l'inverse, le bec effilé, le bec talien et l'hypoplasie de la tête du talus ne sont pas significatifs.

En IRM, aucun signe isolé n'est significatif pour le TLAP syndrome.

- **Critères composites**

Ces analyses composites sont détaillées en annexe dans le tableau 8.

En radiographie, les critères composites [nez de fourmilier + bec talien] ($p<0,01$), et [ECN inférieur à 3,2 mm + bec talien] ($p=0,01$) sont significatifs pour le TLAP syndrome.

En scanner on retrouve une significativité pour le TLAP syndrome concernant les critères composites [ECN inférieur à 3,2 mm + nez de fourmilier] ($p < 0,01$), [ECN inférieur à 3,2 mm + bec effilé] ($p < 0,01$) et [ECN inférieur à 3,2 mm + Bec talien] ($p < 0,01$).

Enfin, en IRM, les critères composites significatifs sont [ECN inférieur à 3,2 mm + bec talien] ($p < 0,01$) et [ECN inférieur à 3,2 mm + nez de fourmilier] ($p < 0,01$)

II. ETUDES DES COALITIONS VRAIES

A. Description de la population générale

Sur la période de juillet 2010 à janvier 2021, j'ai inclus 24 cas de coalition vraie sans synostose. Parmi eux, il y avait 10 filles (41,7%) et 14 garçons (58,3%). L'âge au diagnostic des patients variait entre 9 et 15 ans avec une médiane de 12 ans.

Concernant les examens d'imagerie, il y a eu des radiographies chez 14 enfants (58,3%), des scanners chez 18 enfants (75%) et des IRM chez 11 enfants (45,8%).

| Variable | Descriptif | | |
|--------------|------------|---|---|
| Nom | Unité | Modalités | N=24 |
| SEXE | N(%) | Garçon Fille | 14 (58.3) 10 (41.7) |
| RADIOGRAPHIE | N(%) | NON OUI | 10 (41.7) 14 (58.3) |
| SCANNER | N(%) | NON OUI | 6 (25.0) 18 (75.0) |
| IRM | N(%) | NON OUI | 13 (54.2) 11 (45.8) |
| AGE | | N Données manquantes Moyenne ± Ecart-type Médiane (Q1;Q3) Minimum Maximum | 24 0 12.0 ± 1.7 12.0 (11.0 ; 13.0) 9.0 15.0 |

Tableau 10 : Caractéristiques démographiques et radiologiques de la population

B. Etude des concordances inter-observateurs

En radiographie :

La concordance inter-observateur est bonne pour :

- Les berges dégénératives (concordance de 92,8%),
- Les berges régulières (92,8%),
- Le bec calcanéen effilé (92,8 %),
- Le pied plat (100%).

Elle tend à diminuer pour :

- Le bec calcanéen haut situé (78,6 %),
- Le nez de fourmilier (85,7 %),
- L'os secundarius (85,7 %),
- Le nez de fourmilier inversé (78,6%).

Enfin, la concordance est relativement faible pour le bec talien (50 %) et pour l'hypoplasie de la tête du talus (57,1 %).

En scanner :

La concordance Inter-observateur est bonne pour :

- Les berges dégénératives (100 %),
- Les berges régulières (100 %),
- Le nez de fourmilier (100 %),
- Le bec calcanéen effilé (100 %),
- Le nez de fourmilier inversé (94,4 %),

- L'os secundarius (94,4 %).

Elle tend à diminuer pour le bec talien (88,9 %) et pour l'éminence médiane tronquée du cuboïde (83,3% %).

Enfin, la concordance est relativement faible pour l'hypoplasie de la tête du talus (44,4 %).

En IRM :

La concordance inter-observateur et bonne pour :

- Les berges dégénératives (90,9%),
- Les berges régulières (90,9 %),
- Le nez de fourmilier (90,9 %),
- Le bec calcanéen effilé (100 %),
- L'œdème sous-chondral calcanéonaviculaire (100 %),
- L'œdème des parties molles (90,9 %),
- L'os secundarius (100%).

Elle tend à diminuer pour :

- Le signal de l'ECN (81,8 %),
- Le nez de fourmilier inversé (81,8 %),
- Le bec talien (81,8 %),
- L'épanchement dans l'ECN (72,7 %).

Enfin, la concordance est relativement faible pour l'hypoplasie de la tête du talus (27,3%).

| Nom | Concordance (%) | Nom | Concordance (%) | Nom | Concordance (%) |
|-----------------------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| Radio : berges dégénératives | 13/14 (92,85%) | TDM : berges dégénératives | 18/18 (100%) | IRM : signal ECN grassex | 9/11 (81,8%) |
| Radio : berges régulières | 13/14 (92,85%) | TDM : berges régulières | 18/18 (100%) | IRM : berges dégénératives | 10/11 (90,9%) |
| Radio : bec haut | 11/14 (78,6%) | TDM : nez de fourmilier | 18/18 (100%) | IRM : berges régulières | 10/11 (90,9%) |
| Radio : nez de fourmilier | 12/14 (85,7%) | TDM : bec effilé | 18/18 (100%) | IRM : nez de fourmilier | 10/11 (90,9%) |
| Radio : bec effilé | 13/14 (92,85%) | TDM : nez de fourmilier inversé | 17/18 (94,4%) | IRM : bec effilé | 11/11 (100%) |
| Radio : nez de fourmilier inversé | 11/14 (78,6%) | TDM : bec talien | 16/18 (88,9%) | IRM : nez de fourmilier inversé | 9/11 (81,8%) |
| Radio : pied plat | 14/14 (100%) | TDM : hypoplasie tête du talus | 8/18 (44,4%) | IRM : bec talien | 9/11 (81,8%) |
| Radio : bec talien | 7/14 (50%) | TDM : éminence tronquée du cuboïde | 15/18 (83,3%) | IRM : hypoplasie tête du talus | 3/11 (27,3%) |
| Radio : hypoplasie tête du talus | 8/14 (57,1%) | TDM : os secundarius | 17/18 (94,4%) | IRM : oedème sous-chondral CN | 11/11 (100%) |
| Radio : Os secundarius | 12/14 (85,7%) | | | IRM : oedème parties molles | 10/11 (90,9%) |
| | | | | IRM : épanchement | 8/11 (72,7%) |
| | | | | IRM : Os secundarius | 11/11 (100%) |

Tableau 11 : Analyse des concordances inter-observateurs

Concernant le diagnostic final entre synfibrose et synchondrose la concordance inter-observateur est de 91,7%.

C. Etude de de la concordance avec le compte-rendu opératoire

L'analyse s'est intéressée à la concordance entre chaque observateur en imagerie et le compte-rendu opératoire pour le diagnostic de synfibrose, synchondrose ou autre (synchondrose+synchondrose ou incertitude).

La concordance entre l'observateur 1 et le compte-rendu opératoire est de 37,5%. Les résultats sont identiques avec l'observateur 2 (37,5%).

| Nom | Concordance (%) |
|-------------------------------|-----------------|
| Observateur 1 / Observateur 2 | 22/24 (91,7%) |
| Observateur 1 / Chirurgie | 9/24 (37,5%) |
| Observateur 2 / Chirurgie | 9/24 (37,5 %) |

Tableau 12 : Analyse des concordances pour le diagnostic final

DISCUSSION

I. INTERPRETATION DES RESULTATS

A. Le bec calcanéen long (TLAP)

Dans cette étude, la prévalence du bec calcanéen long est de 71,54% dans la population pédiatrique âgée de 8 à 16 ans d'après la définition retrouvée dans la littérature à savoir une mesure de l'ECN inférieure à 5 mm. Ces résultats soulignent la prévalence relativement élevée de cette entité anatomique qui contraste avec l'existence d'une symptomatologie peu marquée en routine et une prise en charge chirurgicale plus rare. Considérer dans ce cas le bec calcanéen long comme variante anatomique le plus souvent asymptomatique me semble judicieux. De plus, cette définition seule paraît insuffisante dans mon étude pour relier la pathologie de l'enfant à une simple diminution de l'ECN. En effet, un bec calcanéen long est retrouvé chez les témoins ayant consulté pour des douleurs d'une autre étiologie, ostéoarticulaire ou myotendineuse : une mesure isolée de l'ECN inférieure à 5 mm n'incite pas les cliniciens à envisager chez ces patients une prise en charge surajoutée du TLAP. Ces constatations soutiennent mes réflexions préliminaires : le bec calcanéen long tel qu'il est décrit dans la littérature peut être considéré comme une variante anatomique et la mesure isolée de l'ECN inférieure à 5 mm est un outil insuffisant pour relier une symptomatologie clinique, surtout lorsqu'elle est floue, à l'existence d'un TLAP. La notion de TLAP syndrome répond aussi au besoin de pouvoir diagnostiquer un bec calcanéen long responsable à lui seul du tableau clinique et devant faire l'objet d'une prise en charge ciblée.

Un des objectifs de mon étude était de préciser l'épidémiologie du bec calcanéen long dans ma population. D'après mes résultats, ce que je considère comme une variante anatomique est plus fréquent chez les filles avec un âge au diagnostic variant de 8 à 16 ans pour une

médiane de 13 ans. Avant 8 ans, il est possible que l'ossification définitive du tarse n'étant pas terminée, la mesure de l'ECN soit surestimée.

Aussi, les constatations épidémiologiques concernant le bec calcanéen long dans mon travail sont à confronter à des données hétérogènes dans la littérature. Il existe en effet de nombreuses discordances concernant le sexe : équivalence homme/femme pour les CCN d'après Conway (25), prédominance des coalitions chez les garçons d'après Leonard (2), prédominance du TLAP chez les filles pour Pouliquen (9, 10). Dans mon étude, les filles présentaient statistiquement plus de becs calcanéens longs alors que les garçons étaient surreprésentés pour les coalitions vraies : cela laisse penser qu'une prédominance fille/garçon reste encore à confirmer.

Enfin, le bec calcanéen long est parfois associé à d'autres entités dans la littérature, telles que l'ostéochondrite du dôme du talus pour laquelle Cavalier et Al (46) retrouve une association avec le TLAP dans 76% des cas (sous réserve d'un faible effectif). Ceci peut s'expliquer par les contraintes induit par un conflit calcanéo-naviculaire pouvant retentir sur l'articulation tibio-tarsienne. Il faut cependant garder à l'esprit une possible association fortuite du fait de la prévalence élevée du TLAP.

B. Tlap syndrome

1) Mesure de l'ECN

En considérant toujours cette mesure de l'ECN, je me suis demandé s'il était possible de restreindre les 5 mm à un seuil inférieur permettant de sensibiliser le diagnostic de TLAP syndrome. J'ai ainsi obtenu dans mon étude un seuil discriminant de 3,2 mm avec une excellente sensibilité (97,1%). Une mesure de l'ECN inférieure à 3,2 mm permettrait donc au radiologue d'envisager plus sereinement un diagnostic de TLAP syndrome devant un

tableau clinique compatible (en excluant toute coalition vraie par l'absence notamment de berges pincées, dégénératives et condensées)

Concernant l'obtention de cette mesure, le scanner me semble être la méthode d'imagerie de référence. Elle permet d'obtenir des coupes fines. Elle permet également des reconstructions osseuses dans les 3 plans et gagne en précision avec la méthode n°2 de mon étude en s'affranchissant des variations positionnelles du pied à savoir se mettre sur une coupe axiale perpendiculairement au plan de l'ECN et mesurer la distance calcanéo-naviculaire sur la coupe sagittale oblique ainsi obtenue. Dans les cas où seule l'IRM était disponible, il était possible de gagner en précision sur une coupe axiale T1 centrée sur l'ECN.

2) *Diagnostic en imagerie*

Les résultats de mon étude font ressortir différents outils diagnostiques permettant d'envisager le diagnostic de TLAP syndrome en imagerie :

- Une mesure de l'ECN inférieure à 3,2 mm,
- Le signe du nez de fourmilier,
- Le bec talien,
- Le bec calcanéen effilé.

Devant une mesure isolée de l'ECN inférieure à 3,2 mm, il apparaît possible pour la radiologue d'envisager un TLAP syndrome si la clinique est concordante.

De même, les résultats montrent une significativité isolée du nez de fourmilier en radiographie et en scanner. Ce signe devient significatif en IRM quand il est associé à un ECN < 3,2 mm. Cela signifie que la présence d'un bec calcanéen en forme de nez de fourmilier est un argument supplémentaire et pertinent d'après mon étude (en dehors de toute coalition vraie).

Concernant le bec talien, sa significativité isolée est seulement retrouvée en radiographie. Néanmoins, j'obtiens une significativité en l'associant à un ECN inférieur à 3,2 mm dans les 3 modalités d'imagerie. Je peux ainsi considérer que la présence d'un bec talien associé à une mesure de l'ECN inférieure à 3,2 mm renforce le diagnostic de TLAP syndrome.

Enfin, un bec calcanéen effilé est significatif uniquement s'il est associé en scanner à un ECN < 3,2 mm.

Considérant l'ensemble de ces résultats, la présence d'un nez de fourmilier, d'un bec talien et/ou d'un bec effilé offre aux radiologues des arguments supplémentaires pour poser le diagnostic de TLAP syndrome devant un ECN <3,2 mm (en excluant la présence d'une coalition vraie).

À l'inverse, d'autres signes recensés dans ce travail semblent peu utiles pour le diagnostic de TLAP syndrome :

- C'est le cas des berges osseuses régulières et du bec calcanéen haut situé sur une radiographie de profil puisqu'ils sont retrouvés très fréquemment aussi bien chez les cas que chez les témoins. Ces deux signes ne renforcent donc pas le diagnostic de TLAP syndrome. De plus, la présence d'un bec calcanéen haut situé sur la radiographie de profil reste d'appréciation difficile : ce signe est peu reproductible et dépend beaucoup de la position du pied.
- À l'inverse le nez de fourmilier inversé et l'éminence médiane du cuboïde tronquée sont rarement retrouvés dans les 2 groupes, ce qui ne permet pas d'obtenir une quelconque significativité. Ces signes semblent plutôt appartenir au groupe des coalitions vraies.

- L'analyse du pied plat était impossible en raison du nombre important de données manquantes, la plupart des radiographies disponibles n'étant que très rarement réalisées en charge.

Enfin, d'autres signes s'avèrent non significatifs dans mon travail malgré leur utilité théorique et attendue. C'est le cas en IRM de l'épanchement dans l'ECN, de l'œdème sous-chondral calcanéen et/ou naviculaire, de l'œdème sous-chondral talien, de l'œdème des parties molles et des lésions du cartilage talien. Cette absence de significativité n'est peut-être pas définitive et nécessiterait d'être évaluée sur un effectif plus large.

C. Synfibrose et synchondrose : concordance

Dans mon travail portant sur l'analyse des concordances, la concordance entre radiologues pour chaque signe est globalement bonne dans les trois modalités d'imagerie avec une meilleure concordance en scanner et une concordance plus faible en radiographie standard (moyenne de 78,29% en radiographie ; 89,48% en scanner ; 84,08% en IRM). Cependant, un désaccord persiste pour l'hypoplasie de la tête du talus (tableau 11) : la concordance n'est que de 57,1% en radiographie, 44,4% en scanner et 27,3% en IRM. Ce signe mériterait probablement d'être mieux défini ultérieurement. Dans une moindre mesure, le bec talien, l'éminence tronquée du cuboïde et le nez de fourmilier inversé font aussi l'objet de divergences entre les lecteurs. Par contre, je constate que les radiologues sont concordants (91,7%) pour le diagnostic final de synfibrose/synchondrose. Ceci tient certainement au fait qu'ils utilisent la même sémilogie radiologique.

Quand je compare le diagnostic final (synfibrose et/ou synchondrose) de chaque radiologue avec les constatations chirurgicales, la concordance diminue considérablement (37,5%), le chirurgien ayant le plus souvent tendance à utiliser le terme générique de coalition.

II. LIMITATIONS

Concernant les limites de mon étude, il faut tout d'abord souligner l'existence de données manquantes compte-tenu de son caractère rétrospectif. Ma population est hétérogène, notamment en ce qui concerne les modalités d'imageries disponibles, les techniques et les protocoles, ce qui ne facilite pas toujours l'analyse des images. C'est le cas notamment des IRM dont les protocoles diffèrent beaucoup d'un patient à l'autre et des radiographies dont les types d'incidence diffèrent également. Ceci est cependant le reflet de la pratique quotidienne puisque d'une part, la symptomatologie clinique du TLAP syndrome n'est pas univoque et d'autre part, il n'existe pas de consensus quant à la meilleure prise charge en imagerie. De plus, les observateurs n'ont quelquefois pas pu trancher faute d'acquisition ou de séquence disponibles, ce qui fut également à l'origine de données manquantes.

Ma population n'est pas exactement comparable puisqu'il existe une différence significative pour le sexe et la répartition des scanners et des radiographies entre les 2 groupes.

Par ailleurs, l'étude du bec calcanéen long à partir de la mesure de l'ECN doit être corrélée à l'âge. En effet, le bec calcanéen s'ossifie progressivement au cours de la croissance et une matrice cartilagineuse peut encore être présente en période pré-pubertaire (8-10 ans). Ceci est à prendre en compte afin de ne pas surestimer l'ECN (notamment en radiographie et au scanner) devant un bec calcanéen n'ayant pas achevé son ossification définitive. Les matrices cartilagineuses sont alors seulement visibles en IRM. La prédominance du TLAP chez les filles peut s'expliquer peut-être par une ossification définitive du tarse plus précocement que chez les garçons.

L'interprétation des résultats doit également prendre en compte le degré de concordance inter-observateur étudié dans ma deuxième partie. En effet, l'absence de significativité d'une variable s'accompagne parfois d'une discordance plus ou moins marquée entre les

deux radiologues, ce qui introduit un biais dans la pertinence des données. C'est le cas de l'hypoplasie de la tête du talus pour laquelle je ne retrouve pas de résultats significatifs pour le diagnostic de TLAP syndrome, sous réserve d'une concordance inter-observateur relativement faible (l'hypoplasie de la tête du talus étant un critère morphologique avec un manque de données objectives)

Enfin, l'analyse des concordances entre les radiologues et les constatations chirurgicales concernant le diagnostic de synchondrose et de synfibrose s'est basé sur les comptes-rendus opératoires qui sont parfois peu détaillés avec beaucoup de termes génériques retrouvés (tels que coalition calcanéo-naviculaire au sens large).

CONCLUSION

Le bec calcanéen long (TLAP) se définit dans la littérature par une mesure isolée de l'ECN inférieure à 5 mm. Or dans mon étude, un bec calcanéen long est observé chez de nombreux enfants, symptomatiques ou pas : une variante anatomique semble donc la plus plausible. Par contre, devant une symptomatologie clinique évoquant un TLAP syndrome chez l'enfant et en l'absence de coalition vraie, le diagnostic en imagerie est sensibilisé par une mesure de l'ECN inférieure à 3,2 mm. La présence de signes indirects associés (bec calcanéen en forme de nez de fourmilier et/ou existence d'un bec talien et/ou bec calcanéen effilé) sont des arguments supplémentaires pour poser le diagnostic en imagerie. La mesure précise de l'ECN est réalisée au mieux en scanner grâce aux reconstructions 2D obtenues dans les trois plans. Les radiographies nécessitent une incidence oblique déroulée du pied et l'IRM doit comprendre au minimum des acquisitions sagittales et axiales T1 et T2.

En dehors du TLAP, les anomalies de l'ECN comprennent aussi les synfibroses et les synchondroses, entités parfois difficiles à distinguer et pouvant même coexister. Puisque les chirurgiens ne font pas la différence, que la concordance entre radiologues et chirurgiens est faible et que la prise en charge thérapeutique ne diffère pas, la distinction entre synfibrose/syndesmose et synchondrose en imagerie ne semble pas nécessaire. De ce fait, il est possible pour le radiologue d'employer des termes plus génériques comme "synfibrose/synchondrose" ou encore "coalition vraie non synostotique".

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. David A Lawrence , Michael F Rolan , Andrew H Haims , Zakaria Zayour , Hicham A Moukaddam. Tarsal Coalitions: Radiographic, CT, and MR Imaging Findings. HSS J. juillet 2014 ;10(2):153-66
2. M A Leonard. The inheritance of tarsal coalition and its relationship to spastic flat foot. J Bone Joint Surg Br. 1974 Aug;56B(3):520-6
3. Jhass E.A. Disorders of the foot. 2 vol. Philadelphie W.B.Saunders, 1982.Vol I.p967-22
4. P Rouvreau, J C Pouliquen, J Langlais, C Glorion, G de Cerqueira Daltro. Synostoses et coalitions tarsiennes chez l'enfant. Etude de 6 cas chez 47 patients. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1994;80(3):252-60.
5. Ph.Peyrou, D.Moulies Les « fausses entorses » de l'adolescent , Journal de Traumatologie du Sport. June 2006; 23 (2) : 96-104.
6. Seddon HJ. Coalition calcanéo-scaphoïde. Proc R, 1.r Soe Med (Section d'orthopédie). 1932; 26 : 419-C t
7. N J Blockey. Pied plat spastique péronier. J Bone Joint Surg Br. 1955 mai;37-B(2):191-202.
8. R I Harris, T Beath. Étiologie du pied plat spastique péronier. J Bone Joint Surg Br. 1948 novembre ;30B(4):624-34.
9. J C Pouliquen, D L Duranthon, C Glorion, B Kassis, J Langlais. Processus antéro-interne du calcaneum trop long. Expérience de 59 cas chez 37 enfants et adolescents. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1997;83(7):658-64
10. J Hardy, J C Pouliquen. Un bec calcaneen trop long. Une forme rudimentaire de synostose calcanéo-scaphoïdienne. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1983;69(7):567-72.

11. J C Pouliquen, L D Duranthon, C Glorion, B Kassis, J Langlais. The too-long anterior process calcaneus: a report of 39 cases in 25 children and adolescents. *J Pediatr Orthop.* May-Jun 1998;18(3):333-6
12. O Rosello , F Solla , I Oborocianu , E Chau , F Yagoubi , J-L Clément, et al. Toolong calcaneal process: Results of surgical treatment and prognostic factors. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016 Sep;102(5):663-7
13. Tun Hing Lui. Arthroscopic Resection of Too-Long Anterior Process of the Calcaneus. *Arthrosc Tech.* 2016 Oct 17;5(5):e1179-e1183.
14. Julien Bourlez , Pauline Joly-Monrigal , Fanny Alkar , Alexandre Laborde , Jérôme Cottalorda , Djamel Louahem , Marion Delpont. Does arthroscopic resection of a too-long anterior process improve static disorders of the foot in children and adolescents ? *Int Orthop.* Juin 2018 ;42(6):1307-1312
15. Tun Hing Lui. Arthroscopic resection of the calcaneonavicular coalition or the "too long" anterior process of the calcaneus. *Arthroscopy .* 2006 Aug;22(8):903.e1-4
16. Tachdjian M O. Tarsal coalitions. In *Pediatrics orthopedics.* WB Saunders Co. 1990 : 2578-2608
17. John T Lysack , Paul V Fenton. Variations in calcaneonavicular morphology demonstrated with radiography. *Radiology.* 2004 Feb;230(2):493-7
18. Vidyadhar V Upasani, Reid C Chambers, Scott J Mubarak. Analysis of calcaneonavicular coalitions using multi-planar three-dimensional computed tomography. *J Child Orthop.* 2008 Aug;2(4):301-7
19. Jamil F Soni, Weverley Valenza , Carolina Matsunaga. Tarsal coalition. *Curr Opin Pediatr.* 2020 Feb;32(1):93-99
20. D Guignand , P Journeau, L Mainard-Simard, D Popkov, T Haumont, P Lascombes. Child calcaneonavicular coalitions: MRI diagnostic value in a 19-case series. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2011 Feb;97(1):67-72.

21. L B Solomon , F J Rühli, J Taylor, L Ferris, R Pope, M Henneberg. A dissection and computer tomograph study of tarsal coalitions in 100 cadaver feet. J Orthop Res. 2003 Mar;21(2):352-8
22. E. Fopma, M.F. Macnic. Tarsal coalition. Current Orthopaedics. 2002; 16(1):65–73
23. Pierre-Louis Docquier , Pierre Maldaque , Maryse Bouchard. Tarsal coalition in paediatric patients. Orthop Traumatol Surg Res. 2019 Feb;105(1S):S123-S131.
24. Klaus J Kernbach. Tarsal coalitions: etiology, diagnosis, imaging, and stigmata. Clin Podiatr Med Surg.2010 Jan;27(1):105-17
25. J J Conway, H R Cowell. Tarsal coalition: clinical significance and roentgenographic demonstration. Radiology. Mars 1969 ;92(4):799-811
26. R J Wechsler, M E Schweitzer, D M Deely, B D Horn, P D Pizzutillo. Tarsal coalition: depiction and characterization with CT and MR imaging. Radiology.1994 Nov;193(2):447-52
27. K H Emery, G S Bisset 3rd, N D Johnson, P J Nunan. Tarsal coalition: a blinded comparison of MRI and CT. Pediatr Radiol. 1998 Aug;28(8):612-6
28. C Pineda, D Resnick, G Greenway Diagnosis of tarsal coalition with computed tomography. Clin Orthop Relat Res. 1986 Jul;(208):282-8
29. Kenneth M Nalaboff, Mark E Schweitzer. MRI of tarsal coalition: frequency, distribution, and innovative signs. Bull NYU Hosp Jt Dis . 2008;66(1):14-21
30. J C Karr. Magnetic resonance imaging evaluation of heel pain. J Am Podiatr Med Assoc. 1999 Jul;89(7):364-7
31. M J Warren , M A Jeffree, D J Wilson, J C MacLarnon. Computed Tomography in suspected tarsal coalition. Examination of 26 cases. Acta Orthop Scand. 1990 Dec;61(6):554-7

32. Julia R Crim, Kristina M Kjeldsberg. Radiographic diagnosis of tarsal coalition. *AJR Am J Roentgenol.* 2004 Feb;182(2):323-8
33. Lloyd J Ridley, Jason Han, William E Ridley, Hao Xiang. Anteater nose and reverse anteater signs: Calcaneo-navicular coalition. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2018 Oct;62 Suppl 1:118-119
34. Tun Hing Lui. Endoscopic resection of symptomatic os calcaneus secundarius. *The Foot.* 2018 Dec;37:101-104
35. Daniel Krapf, Sebastian Krapf, Christian Wyss. Calcaneus secundarius - a relevant differential diagnosis in ankle pain: a case report and review of the literature. *J Med Case Rep.* 2015 Jun 2;9:127
36. Robert Hennings, Peter Voigt, Thomas Kahn, Christoph Josten, Annette B Ahrberg. Os calcaneus secundarius, a relevant differential diagnosis to fracture or pseudarthrosis of processus anterior of the calcaneus: a CT morphologic description. *Surg Radiol Anat.* 2019 Dec;41(12):1425-1432
37. A E Oestreich, W A Mize, A H Crawford, R C Morgan Jr. The "anteater nose": a direct sign of calcaneonavicular coalition on the lateral radiograph. *J Pediatr Orthop.* Nov-Dec 1987;7(6):709-11
38. Lloyd J Ridley, Jason Han, William E Ridley, Hao Xiang. Talar beak sign: Tarsal coalition. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2018 Oct;62 Suppl 1:164-165
39. D Resnick. Talar ridges, osteophytes, and beaks: a radiologic commentary. *Radiology.* 1984 May;151(2):329-32
40. D J Sartoris, D L Resnick. Tarsal coalition. *Arthritis Rheum.* 1985 Mar;28(3):331-8
41. sfip radiopédiatrie. Journées de Trousseau. [En ligne]. XXXIIIème journées de Trousseau. 2011. Disponible : https://www.sfip-radiopediatrie.org/wp-content/uploads/2018/07/mainard_trousseau_2011-1.pdf
42. J S Newman, A H Newberg. Congenital tarsal coalition: multimodality evaluation with emphasis on CT and MR imaging. *Radiographics .* Mar-Apr 2000;20(2):321-32

43. D R Cooperman, B E Janke, A Gilmore, B M Latimer, M R Brinker, G H Thompson. A three-dimensional study of calcaneonavicular tarsal coalitions. J Pediatr Orthop. Sep-Oct 2001;21(5):648-51
44. Toni el Hayek , Thomas D'Ollone, Amandine Rubio, Simon Lusakisimo, Jacques Griffet, A too-long anterior process of the calcaneus: a report of 31 operated cases. J Pediatr Orthop B. 2009 Jul;18(4):163-6
45. Evaluation of tarsal coalition by computed tomography . C A Stoskopf, R J Hernandez, A Kelikian, M O Tachdjian, L S Dias. J Pediatr Orthop. 1984 May; 4(3):365-9
46. Cavalier M, Chau E, Raux S, Solla F, Batti SE, Oborocianu I, et al. Is talus osteochondritis associated with too long anterior process of the calcaneus ? Rev chir orthop répar appar mot 2015;101:S173.

Lecture d'imagerie : TLAP

1. numéro du dossier

Radiographies

1 (présent) / 0 (absent)

2. Radiographies

Une seule réponse possible.

1 Passer à la question 5

0 Passer à la question 3

Scanner

1 (présent) / 0 (absent)

3. Scanner

Une seule réponse possible.

1 Passer à la question 14

0 Passer à la question 4

IRM

1 (présent) / 0 (absent)

4. IRM

Une seule réponse possible.

1 Passer à la question 22

0 Passer à la question 35

Radiographies

1 (présent) / 0 (absent) / X si non analysable

5. Berges osseuses régulières

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

6. Radio de profil : bord inférieur du bec cananéen plus haut que le bord inférieur du naviculaire

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

7. Radio oblique ou profil : signe du bec de fourmilier

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

8. Radio oblique ou profil : bec calcanéen long effilé

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

9. Radio oblique ou de face : signe du bec de fourmilier inversé

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

10. Si radio de profil en charge : pied plat

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

11. bec talien

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

12. Hypoplasie de la tête du talus/concavité du col

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

13. oblique : mesure de l'ECN en mm (répondre x si non mesurable)

Passer à la question 3

14. Berges osseuses régulières

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

15. signe du bec de fourmilier

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

16. Bec calcanéen long effilé

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

17. signe du bec de fourmilier inversé

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

18. Mesure de l'espace CN en millimètres

19. bec talien

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

20. Hypoplasie de la tête du talus/concavité du col

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

21. Éminence médiale du cuboïde

Plusieurs réponses possibles.

- 1 (tronquée)
- 0 (normale)
- X

Passer à la question 4

IRM

1 (présent) / 0 (absent)/ si non analysable

22. Signal graisseux dans l'espace CN

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

23. Berges osseuses régulières

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

24. signe du bec de fourmilier

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

25. Bec cananéen long effilé

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

26. signe du bec de fourmilier inversé

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

27. Mesure de l'espace CN en millimètres (X si non mesurable)

28. bec talien

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

29. hypoplasie de la tête du talus/col concave

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

30. Oedeme sous-chondral calcanéen/naviculaire

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

31. oedeme sous-chondral talien

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

32. Lésion cartilagineuse du talus

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

33. Oedeme des parties molles

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

34. Épanchement

Plusieurs réponses possibles.

- 1
- 0
- X

Diagnostique

35. Diagnostique de TLAP syndrome

Plusieurs réponses possibles.

- 1 (TLAP syndrome)
- 2 (TLAP)
- 3 (normal)

| VARIABLES | | | DESRIPTIF |
|--|-------|--------------------|-----------|
| Nom | Unité | Modalités | N=128 |
| Radio : berges régulières | N(%) | 0 * | 2 (2.9) |
| | | 1 ** | 66 (97.1) |
| | | Données manquantes | 60 |
| Radio : bec haut | N(%) | 0 | 5 (8.1) |
| | | 1 | 57 (91.9) |
| | | Données manquantes | 66 |
| Radio : nez de fourmilier | N(%) | 0 | 22 (33.3) |
| | | 1 | 44 (66.7) |
| | | Données manquantes | 62 |
| Radio : bec effilé | N(%) | 0 | 64 (98.5) |
| | | 1 | 1 (1.5) |
| | | Données manquantes | 63 |
| Radio : nez de fourmilier inversé | N(%) | 0 | 56 (96.6) |
| | | 1 | 2 (3.4) |
| | | Données manquantes | 70 |
| Radio : pied plat | N(%) | 0 | 12 (92.3) |
| | | 1 | 1 (7.7) |
| | | Données manquantes | 115 |
| Radio : bec talien | N(%) | 0 | 45 (69.2) |
| | | 1 | 20 (30.8) |
| | | Données manquantes | 63 |
| Radio : hypoplasie de la tête du talus | N(%) | 0 | 40 (60.6) |
| | | 1 | 26 (39.4) |
| | | Données manquantes | 62 |
| TDM : berges régulières | N(%) | 0 | 4 (5.1) |
| | | 1 | 74 (94.9) |
| | | Données manquantes | 50 |
| TDM : nez de fourmilier | N(%) | 0 | 52 (66.7) |
| | | 1 | 26 (33.3) |
| | | Données manquantes | 50 |
| TDM : bec effilé | N(%) | 0 | 54 (70.1) |
| | | 1 | 23 (29.9) |
| | | Données manquantes | 51 |
| TDM : nez de fourmilier inversé | N(%) | 0 | 74 (96.1) |
| | | 1 | 3 (3.9) |
| | | Données manquantes | 51 |
| TDM : bec talien | N(%) | 0 | 50 (64.9) |
| | | 1 | 27 (35.1) |
| | | Données manquantes | 51 |
| TDM : hypoplasie de la tête du talus | N(%) | 0 | 56 (71.8) |
| | | 1 | 22 (28.2) |
| | | Données manquantes | 50 |
| TDM : éminence tronquée du cuboïde | N(%) | 0 | 67 (90.5) |
| | | 1 | 7 (9.5) |
| | | Données manquantes | 54 |

Tableau 2 : Description des signes radiologiques dans la population générale
 (* "0" = absent ; ** "1" = présent)

| | | | |
|--------------------------------------|------|--------------------|-----------|
| IRM : signal ECN grassex | N(%) | 0 | 34 (50.0) |
| | | 1 | 34 (50.0) |
| | | Données manquantes | 60 |
| IRM : berges régulières | N(%) | 0 | 4 (5.6) |
| | | 1 | 67 (94.4) |
| | | Données manquantes | 57 |
| IRM : nez de fourmilier | N(%) | 0 | 46 (63.9) |
| | | 1 | 26 (36.1) |
| | | Données manquantes | 56 |
| IRM : bec effilé | N(%) | 0 | 58 (80.6) |
| | | 1 | 14 (19.4) |
| | | Données manquantes | 56 |
| IRM : nez de fourmilier inversé | N(%) | 0 | 69 (95.8) |
| | | 1 | 3 (4.2) |
| | | Données manquantes | 56 |
| IRM : bec talien | N(%) | 0 | 48 (70.6) |
| | | 1 | 20 (29.4) |
| | | Données manquantes | 60 |
| IRM : hypoplasie de la tête du talus | N(%) | 0 | 45 (63.4) |
| | | 1 | 26 (36.6) |
| | | Données manquantes | 57 |
| IRM : oedème sous-chondral CN | N(%) | 0 | 67 (93.1) |
| | | 1 | 5 (6.9) |
| | | Données manquantes | 56 |
| IRM : oedème sous-chondral du talus | N(%) | 0 | 63 (87.5) |
| | | 1 | 9 (12.5) |
| | | Données manquantes | 56 |
| IRM : lésion cartilagineuse du talus | N(%) | 0 | 69 (98.6) |
| | | 1 | 1 (1.4) |
| | | Données manquantes | 58 |
| IRM : oedème des parties molles | N(%) | 0 | 69 (95.8) |
| | | 1 | 3 (4.2) |
| | | Données manquantes | 56 |
| IRM : épanchement | N(%) | 0 | 45 (62.5) |
| | | 1 | 27 (37.5) |
| | | Données manquantes | 56 |
| IRM : matrice cartilagineuse | N(%) | 0 | 65 (90.3) |
| | | 1 | 7 (9.7) |
| | | Données manquantes | 56 |
| BEC LONG | N(%) | 0 | 35 (28.5) |
| | | 1 | 88 (71.5) |
| | | Données manquantes | 5 |

Tableau 2 : suite

| Variable | | | Comparaison des groupes | | | |
|------------------------------------|-------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------|
| Nom | Unité | Modalités | Témoins N=90 | Cas N=38 | Test | pvalue |
| Radio : berges régulières | N(%) | 0* 1** Données manquantes | 0 (0.0) 40 (100.0) 50 | 2 (7.1) 26 (92.9) 10 | | NA : effectif < 8 |
| Radio : bec haut | N(%) | 0 1 Données manquantes | 0 (0.0) 36 (100.0) 54 | 5 (19.2) 21 (80.8) 12 | | NA : effectif < 8 |
| Radio : nez de fourmilier | N(%) | 0 1 Données manquantes | 17 (44.7) 21 (55.3) 52 | 5 (17.9) 23 (82.1) 10 | Test : Khi-Deux | 0.022 |
| Radio : bec effilé | N(%) | 0 1 Données manquantes | 36 (97.3) 1 (2.7) 53 | 28 (100.0) 0 (0.0) 10 | | NA : effectif < 8 |
| Radio : nez de fourmilier inversé | N(%) | 0 1 Données manquantes | 32 (97.0) 1 (3.0) 57 | 24 (96.0) 1 (4.0) 13 | | NA : effectif < 8 |
| Radio : pied plat | N(%) | 0 1 Données manquantes | 6 (85.7) 1 (14.3) 83 | 6 (100.0) 0 (0.0) 32 | | NA : effectif < 8 |
| Radio : bec talien | N(%) | 0 1 Données manquantes | 30 (78.9) 8 (21.1) 52 | 15 (55.6) 12 (44.4) 11 | Test : Khi-Deux | 0.044 |
| Radio : hypoplasie tête du talus | N(%) | 0 1 Données manquantes | 19 (50.0) 19 (50.0) 52 | 21 (75.0) 7 (25.0) 10 | Test : Khi-Deux | 0.040 |
| TDM : berges régulières | N(%) | 0 1 Données manquantes | 3 (6.1) 46 (93.9) 41 | 1 (3.4) 28 (96.6) 9 | | NA : effectif < 8 |
| TDM : nez de fourmilier | N(%) | 0 1 Données manquantes | 39 (79.6) 10 (20.4) 41 | 13 (44.8) 16 (55.2) 9 | Test : Khi-Deux | 0.002 |
| TDM : bec effilé | N(%) | 0 1 Données manquantes | 37 (75.5) 12 (24.5) 41 | 17 (60.7) 11 (39.3) 10 | Test : Khi-Deux | 0.17 |
| TDM : nez de fourmilier inversé | N(%) | 0 1 Données manquantes | 48 (98.0) 1 (2.0) 41 | 26 (92.9) 2 (7.1) 10 | | NA : effectif < 8 |
| TDM : bec talien | N(%) | 0 1 Données manquantes | 35 (71.4) 14 (28.6) 41 | 15 (53.6) 13 (46.4) 10 | Test : Khi-Deux | 0.11 |
| TDM : hypoplasie tête du talus | N(%) | 0 1 Données manquantes | 33 (67.3) 16 (32.7) 41 | 23 (79.3) 6 (20.7) 9 | Test : Khi-Deux | 0.26 |
| TDM : éminence tronquée du cuboïde | N(%) | 0 1 Données manquantes | 40 (88.9) 5 (11.1) 45 | 27 (93.1) 2 (6.9) 9 | | NA : effectif < 8 |

Tableau 7 : Résultats de l'étude analytique des signes radiologiques
(* "0"= Absent ; ** "1"= Présent)

| | | | | | | |
|--------------------------------------|------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|
| IRM : signal ECN grassex | N(%) | 0 1 Données manquantes | 23 (47.9) 25 (52.1) 42 | 11 (55.0) 9 (45.0) 18 | Test : Khi-Deux | 0.59 |
| IRM : berges régulières | N(%) | 0 1 Données manquantes | 2 (3.9) 49 (96.1) 39 | 2 (10.0) 18 (90.0) 18 | | NA : effectif < 8 |
| IRM : nez de fourmilier | N(%) | 0 1 Données manquantes | 37 (72.5) 14 (27.5) 39 | 9 (42.9) 12 (57.1) 17 | Test : Khi-Deux | 0.017 |
| IRM : bec effilé | N(%) | 0 1 Données manquantes | 43 (84.3) 8 (15.7) 39 | 15 (71.4) 6 (28.6) 17 | Test : Fisher exact | 0.32 |
| IRM : nez de fourmilier inversé | N(%) | 0 1 Données manquantes | 48 (94.1) 3 (5.9) 39 | 21 (100.0) 0 (0.0) 17 | | NA : effectif < 8 |
| IRM : bec talien | N(%) | 0 1 Données manquantes | 38 (79.2) 10 (20.8) 42 | 10 (50.0) 10 (50.0) 18 | Test : Khi-Deux | 0.016 |
| IRM : hypoplasie tête du talus | N(%) | 0 1 Données manquantes | 31 (62.0) 19 (38.0) 40 | 14 (66.7) 7 (33.3) 17 | Test : Khi-Deux | 0.71 |
| IRM : oedeme sous-chondral CN | N(%) | 0 1 Données manquantes | 48 (94.1) 3 (5.9) 39 | 19 (90.5) 2 (9.5) 17 | | NA : effectif < 8 |
| IRM : oedeme sous-chondral talus | N(%) | 0 1 Données manquantes | 44 (86.3) 7 (13.7) 39 | 19 (90.5) 2 (9.5) 17 | Test : Fisher exact | 1.00 |
| IRM : lésion cartilagineuse du talus | N(%) | 0 1 Données manquantes | 49 (98.0) 1 (2.0) 40 | 20 (100.0) 0 (0.0) 18 | | NA : effectif < 8 |
| IRM : oedeme parties moles | N(%) | 0 1 Données manquantes | 48 (94.1) 3 (5.9) 39 | 21 (100.0) 0 (0.0) 17 | | NA : effectif < 8 |
| IRM : épanchement | N(%) | 0 1 Données manquantes | 31 (60.8) 20 (39.2) 39 | 14 (66.7) 7 (33.3) 17 | Test : Khi-Deux | 0.64 |

Tableau 7 : Suite

| Variable | | | Comparaison des groupes | | | |
|---|-------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Nom*** | Unité | Modalités | Témoins N=90 | Cas N=38 | Test | pvalue |
| Radio : [Nez de fourmilier et Bec talien] | N(%) | 0* 1** Données manquantes | 34 (91.9) 3 (8.1) 53 | 15 (55.6) 12 (44.4) 11 | Test : Khi-Deux | <0.001 |
| Radio : [Bec talien et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 35 (92.1) 3 (7.9) 52 | 26 (96.3) 1 (3.7) 11 | | NA : effectif < 8 |
| Radio : [Nez de fourmilier et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 26 (70.3) 11 (29.7) 53 | 23 (82.1) 5 (17.9) 10 | Test : Khi-Deux | 0.27 |
| Radio : [Bec effilé et Nez de fourmilier] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 37 (100) 0 53 | 28(100) 0 10 | | NA : une seule catégorie |
| Radio : [Bec effilé et Bec talien] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 36 (100) 0 54 | 27 (100) 0 11 | | NA : une seule catégorie |
| Radio : [Bec effilé et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 36 (100) 0 54 | 28 (100) 0 10 | | NA : une seule catégorie |
| TDM : [Nez de fourmilier et Bec talien] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 45 (91.8) 4 (8.2) 41 | 22 (78.6) 6 (21.4) 10 | Test : Fisher exact | 0.16 |
| TDM : [Bec talien et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 46 (93.9) 3 (6.1) 41 | 28 (100.0) 0 (0.0) 10 | | NA : effectif < 8 |
| TDM : [Nez de fourmilier et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 47 (95.9) 2 (4.1) 41 | 29 (100.0) 0 (0.0) 9 | | NA : effectif < 8 |
| TDM : [Bec effilé et Nez de fourmilier] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 49 (100) 0 41 | 28 (100) 0 10 | | NA : une seule catégorie |
| TDM : [Bec effilé et Bec talien] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 46 (93,9) 3 (6,1) 41 | 22 (81,5) 5 (18,5) 11 | Test : Fisher exact | 0,12 |
| TDM : [Bec effilé et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 42 (85,7) 7 (14,3) 41 | 22 (78,6) 6 (21,4) 10 | Test : Fisher exact | 0,53 |
| IRM : [Nez de fourmilier et Bec talien] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 42 (87.5) 6 (12.5) 42 | 14 (70.0) 6 (30.0) 18 | Test : Fisher exact | 0.16 |
| IRM : [Bec talien et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 46 (95.8) 2 (4.2) 42 | 19 (95.0) 1 (5.0) 18 | | NA : effectif < 8 |
| IRM : [Nez de fourmilier et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 42 (84.0) 8 (16.0) 40 | 18 (85.7) 3 (14.3) 17 | Test : Fisher exact | 1.00 |
| IRM : [Épanchement et Nez de fourmilier] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 45 (88.2) 6 (11.8) 39 | 15 (71.4) 6 (28.6) 17 | Test : Fisher exact | 0.095 |

Tableau 8 : Résultats de l'étude analytique des signes composites

(* "0" = Absent ; ***"1" = présent ; *** "Nom" = Technique d'imagerie [signe a + signe b])

| | | | | | | |
|--|------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|
| IRM : [Épanchement et Bec talien] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 42 (87.5) 6 (12.5) 42 | 17 (85.0) 3 (15.0) 18 | Test : Fisher exact | 1.00 |
| IRM : [Épanchement et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 43 (86.0) 7 (14.0) 40 | 18 (85.7) 3 (14.3) 17 | Test : Fisher exact | 1.00 |
| IRM : [Bec effilé et Nez de fourmilier] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 51 (100) 0 39 | 21 (100) 0 17 | | NA : une seule catégorie |
| IRM : [Bec effilé et Bec talien] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 46 (95.8) 2 (4.2) 42 | 18 (90) 2 (10) 18 | | NA : effectif < 8 |
| IRM : [Bec effilé et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 47 (94) 3 (6) 40 | 17 (81) 4 (19) 17 | | NA : effectif < 8 |
| IRM : [Bec effilé et Epanchement] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 46 (90.2) 5 (9.8) 39 | 20 (95.2) 1 (4.8) 17 | | NA : effectif < 8 |
| Radio : [ECN < 3.2 mm et Bec talien] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 23 (95.8) 1 (4.2) 66 | 14 (66.7) 7 (33.3) 17 | Test : Fisher exact | 0.017 |
| Radio : [ECN < 3.2 mm et Nez de fourmilier] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 17 (70.8) 7 (29.2) 66 | 10 (45.5) 12 (54.5) 16 | Test : Khi-Deux | 0.081 |
| Radio : [ECN < 3.2 mm et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 19 (79.2) 5 (20.8) 66 | 17 (77.3) 5 (22.7) 16 | Test : Fisher exact | 1.00 |
| Radio : [ECN < 3.2 mm et Bec effilé] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 23 (100) 0 67 | 23 (100) 0 15 | | NA : une seule catégorie |
| TDM : [ECN < 3.2 mm et Bec talien] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 43 (87.8) 6 (12.2) 41 | 17 (60.7) 11 (39.3) 10 | Test : Khi-Deux | 0.006 |
| TDM : [ECN < 3.2 mm et Nez de fourmilier] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 43 (87.8) 6 (12.2) 41 | 14 (48.3) 15 (51.7) 9 | Test : Khi-Deux | <0.001 |
| TDM : [ECN < 3.2 mm et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 44 (89.8) 5 (10.2) 41 | 23 (79.3) 6 (20.7) 9 | Test : Fisher exact | 0.31 |
| TDM : [ECN < 3.2 mm et Bec effilé] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 43 (87.8) 6 (12.2) 41 | 17 (60.7) 11 (39.3) 10 | Test : Khi-Deux | 0,006 |
| IRM : [ECN < 3.2 mm et Bec talien] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 28 (96.6) 1 (3.4) 61 | 8 (47.1) 9 (52.9) 21 | Test : Fisher exact | <0.001 |
| IRM : [ECN < 3.2 mm et Nez de fourmilier] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 27 (87.1) 4 (12.9) 59 | 9 (50.0) 9 (50.0) 20 | Test : Fisher exact | 0.007 |
| IRM : [ECN < 3.2 mm et Hypoplasie tête du talus] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 28 (90.3) 3 (9.7) 59 | 14 (77.8) 4 (22.2) 20 | | NA : effectif < 8 |
| IRM : [ECN < 3.2 mm et Epanchement] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 28 (90.3) 3 (9.7) 59 | 13 (72.2) 5 (27.8) 20 | Test : Fisher exact | 0.12 |
| IRM : [ECN < 3.2 mm et Bec effilé] | N(%) | 0 1 Données manquantes | 31 (100) 0 59 | 14 (77.8) 4 (22.2) 20 | | NA : effectif < 8 |

Tableau 8 : Suite

AUTEURE : Nom : CHIRI

Prénom : Charlotte

Date de soutenance : 5 avril 2022 à 18 heures

Titre de la thèse : Séméiologie radiologique du bec calcanéen trop long et diagnostic en imagerie des coalitions calcanéo-naviculaires en population pédiatrique

Thèse - Médecine - Lille 2022

Cadre de classement : médecine

DES : radiologie

Mots-clés : bec calcanéen long ; TLAP ; coalition calcanéo-naviculaires ;

OBJECTIFS : Devant une instabilité ou des douleurs chroniques de la cheville et du pied chez l'enfant, une imagerie est souvent réalisée pour rechercher une coalition calcanéo-naviculaire (CCN) ou un bec calcanéen trop long (TLAP). Le diagnostic d'une CCN et sa caractérisation (synostose, synchondrose, synfibrose) est plus facile en imagerie que celui du TLAP, mal défini sur le plan sémiologique (en dehors d'un espace calcanéo-naviculaire (ECN) < 5 mm). En outre, la limite entre TLAP, variante anatomique, et TLAP syndrome (symptomatique) reste floue. Les objectifs de notre travail rétrospectif étaient 1) d'apporter des éléments sémiologiques plus fiables pour le diagnostic de TLAP syndrome et 2) d'évaluer nos performances diagnostiques dans la détection/caractérisation des CCN.

MÉTHODES : Dans la 1^e étude analytique, type cas-témoins non appariés, 2 radiologues ont relu indépendamment les examens des patients pris en charge en orthopédie infantile pour un TLAP syndrome, au moyen d'un questionnaire : mesure de l'ECN et recherche des signes indirects associés aux CCN tels que décrits dans la littérature. Dans la 2^e étude, 2 radiologues ont relu indépendamment les examens des patients ayant une CCN en distinguant les synchondroses (SC) des synfibroses (SF). Les concordances entre radiologues et entre l'imagerie et la chirurgie (patients opérés) ont été évaluées.

RÉSULTATS : Dans la 1^e étude, 128 patients (38 cas, 90 témoins) ont été inclus : la prévalence du TLAP était de 71,54%. Une mesure seuil de l'ECN de 3,2 mm était en faveur d'un TLAP syndrome (Se=97%, Sp=70%). Trois signes indirects étaient significatifs : le « nez de fourmilier », le bec talien et le bec calcanéen effilé, d'autant plus en faveur du TLAP syndrome qu'ils s'associaient à une réduction de l'ECN. Dans la 2^e étude (24 CCN), la concordance SF/SC était de 91,7% entre radiologues et de 37,5% entre imagerie et chirurgie.

DISCUSSION : Le TLAP est fréquent chez les témoins : une variante semble donc la plus plausible. Par contre, devant une symptomatologie évoquant un TLAP syndrome, le diagnostic est conforté en imagerie par une mesure de l'ECN inférieure à 3,2 mm. Cette mesure est réalisée au mieux en scanner grâce aux reconstructions 2D dans les trois plans. La présence concomitante d'un « nez de fourmilier », d'un bec talien ou d'un bec calcanéen effilé sont des arguments diagnostiques supplémentaires. Concernant les CCN, la distinction entre SF et SC en imagerie semble peu pertinente en pratique

Composition du Jury :

Président : Pr Xavier DEMONDION

Asseseurs : Dr Damien FRON, Dr Daniela RAPILAT

Directeur de thèse : Pr Nathalie BOUTRY