



UNIVERSITÉ DE LILLE

FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG

Année 2022-2023

**THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

**Résultats à long terme des ostéotomies de médialisation
calcanéennes dans la prise en charge du pied plat valgus**

Présentée et soutenue publiquement le 12/10/2023 à 16h00

au Pôle Formation

par Julien FARGE

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Carlos MAYNOU

Assesseurs :

Monsieur le Docteur Raphaël COURSIER

Monsieur le Docteur Valentin RODRIGUES

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Thomas AMOUYEL

Travail du Service d'Orthopédie 1 – CHRU Lille

Avertissement

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

Table des matières

Liste des figures et tableaux

Liste des abréviations

I.	Introduction	
	A.	Physiopathologie du pied plat valgus 13
	B.	Dysfonction du tibial postérieur 17
	C.	Prise en charge thérapeutique 18
II.	Matériel et méthodes	
	A.	Interrogatoire des patients 21
	B.	Scores cliniques 22
	C.	Examen clinique 23
	D.	Examens radiologiques 23
	E.	« Safe zone » neurologique 26
	F.	Technique chirurgicale 27
	G.	Analyse statistique 32
III.	Résultats	
	A.	Population 33
	B.	Scores cliniques 36
	C.	Paramètres radiographiques 37
	D.	Complications et reprise chirurgicale 39
	E.	Port de semelles 40
	F.	Mode de fixation 40
IV.	Discussion	
	A.	Population 41
	B.	Scores cliniques 41
	C.	Paramètres radiographiques 44
	D.	Rôle du transfert tendineux 46
	E.	Etude du « spring ligament » 48
	F.	Autres techniques chirurgicales 49
	G.	Complications 52
	H.	Limites 53
V.	Conclusion	55
VI.	Annexes	56
VII.	Bibliographie	64

Listes des figures et tableaux

Figure 1. Schéma vue médiale cheville

Figure 2 : Schéma vue dorso médiale de jambe

Figure 3 : Angle talo-calcaneen pathologique

Figure 4 : Restauration de l'axe de l'arrière pied après ostéotomie de médialisation

Figure 5 : Effondrement de l'axe talus-M1 et angle de Djian-Annonier augmenté

Figure 6 : Valgus calcaneen pathologique

Figure 7 : Illustration de la safe zone neurologique,

Figure 8. Installation du patient en décubitus latéral et positionnement du garrot

Figure 9. Repères anatomiques et voie d'abord latérale

Figure 10. Direction du trait d'ostéotomie et fixation temporaire par broches ; fixation définitive par vis canulées

Figure 11. Fixation par Step plate

Figure 12. Voie d'abord médiale pour la réalisation du transfert tendineux

Figure 13. Tunnel trans naviculaire et passage du transplant de plantaire en dorsal

Figure 14 : Bras de levier de l'arrière pied radiologique

Figure 15 : Diagramme de flux sur la réalisation d'un transfert tendineux selon le statut du TP et la réalisation d'une IRM en pré opératoire

Figure 16. Planification pré opératoire et aspect radiographique après ostéotomie d'Evans

Figure 17. Correction du valgus talonnier par implant d'arthrorise sous talienne

Tableau 1. Caractéristiques cliniques dans la classification de Bluman

Tableau 2 : Paramètres démographiques

Tableau 3 : Paramètres per opératoires

Tableau 4. Scores cliniques pré opératoire et lors du recueil (K = Kitaoka).

Tableau 5. Evolution des paramètres radiographiques au cours du suivi

Tableau 6. Coefficients de corrélation et p value entre scores cliniques et paramètres radiographiques

Liste des abréviations

AAFD : Adult Acquired Flatfoot Deformity

AOFAS : American Orthopedics Foot and Ankle Surgery

SD : Standard-deviation

EFAS : European Foot and Ankle Surgery

MDCO : Medial Displacement Calcaneal Osteotomy

PCFD : Progressive Collapsing Flatfoot Deformity

PROM : Patient-Related Outcome Measure

TTP : Tendon du Tibial Postérieur

LFH : Long Fléchisseur de l'Hallux

LFO : Long Fléchisseur des Orteils

I. Introduction

Le pied plat valgus est une déformation du pied fréquente dans la population générale. La prévalence estimée chez l'adulte se situe entre 15 et 25 %(1,2).

Chez l'adulte il s'agit d'un motif courant de consultation de chirurgie du pied, en raison des douleurs associées. En cas d'échec d'un traitement médical bien conduit avec la mise en place de semelles orthopédiques, les solutions chirurgicales sont nombreuses : arthrodèses de l'arrière pied, ostéotomies du calcanéus ou du médio pied(3). Les ostéotomies calcanéennes de médialisation font partie des traitements conservateurs et constituent une option fiable chez des sujets souvent jeunes et actifs(4).

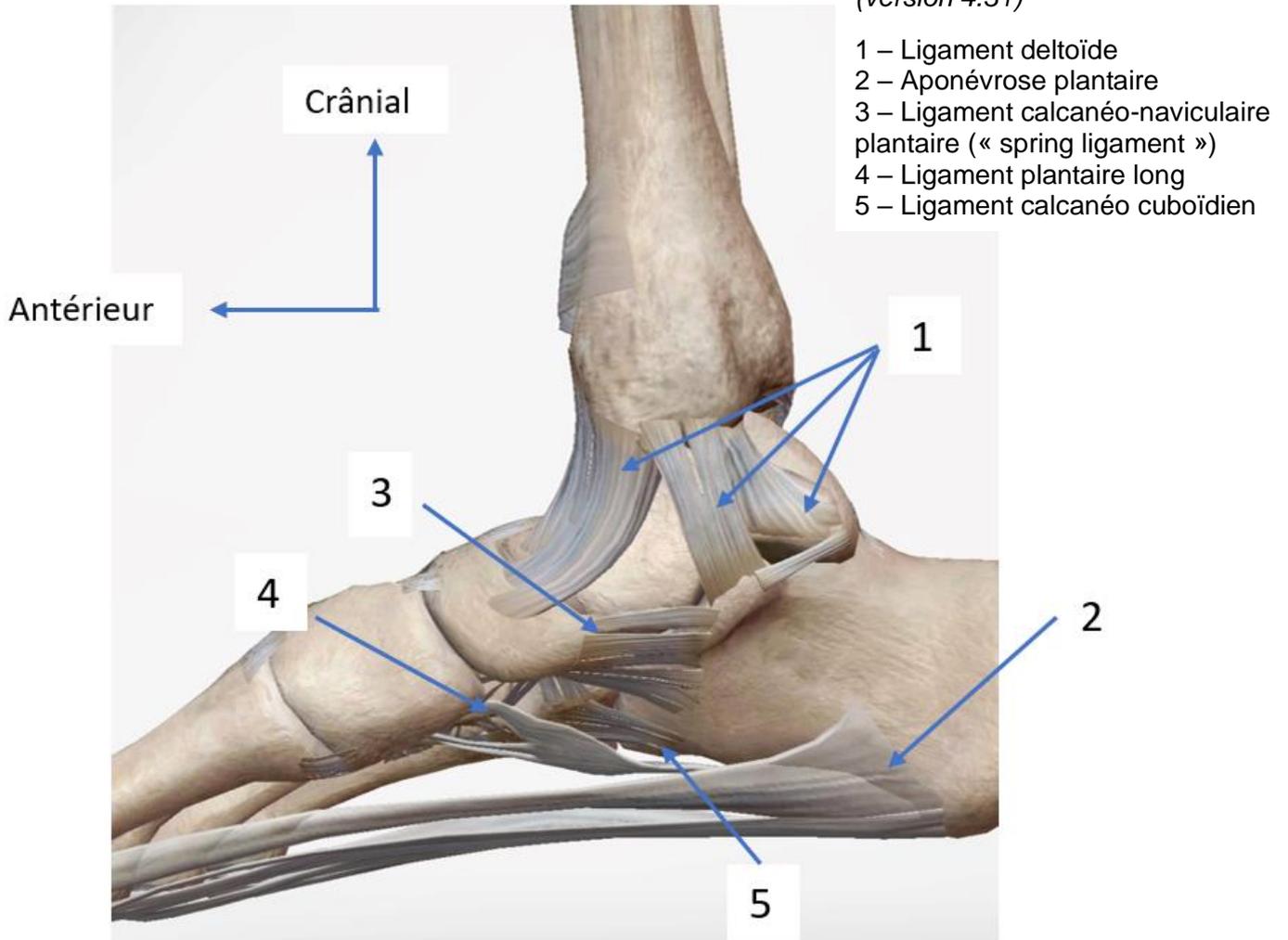
A. Physiopathologie du pied plat valgus

Le pied plat valgus du sujet adulte est une pathologie acquise du pied, dont la principale caractéristique clinique est l'effondrement de l'arche médiale en charge. Il existe des déformations statiques et dynamiques qui ont en commun l'absence de verrouillage du pied lors de la phase d'appui de la marche.

L'arche médiale est constituée par le calcanéus et son sustentaculum tali, le talus, le naviculaire, les cunéiformes médial, intermédiaire et latéral ainsi que les métatarsiens médiaux, notamment le premier. Cet ensemble est maintenu par de puissants ligaments : le calcanéonaviculaire plantaire ou « spring ligament » des anglophones, qui supporte la tête du talus, le ligament deltoïde mais aussi le ligament calcanéocuboidien plantaire, les ligaments cunéonaviculaires plantaires ainsi que le ligament plantaire long (Figure 1).

L'aponévrose plantaire représente le principal stabilisateur statique de l'arche médiale.(5,6) alors que le tendon du muscle tibial postérieur (TTP) a un rôle de stabilisateur dynamique prépondérant devant le long fléchisseur de l'hallux et le long fléchisseur des orteils.(7) Le tendon calcanéen a également un rôle d'inversion important.

Fig 1. Schéma vue médiale cheville, *Visible Body Suite (version 4.31)*



Le tibial postérieur s'insère proximale aux 1/3 supérieurs des faces postérieures du tibia et de la fibula. Il a un trajet oblique d'arrière en avant et de latéral à médial jusqu'à la malléole médiale où son tendon se réfléchit pour ensuite se terminer à la face plantaire des os du tarse.

En décharge il possède une action de flexion plantaire de la cheville, adduction de l'avant-pied et supination. Lors de la marche il permet la stabilisation active et l'amortissement du médio et de l'arrière pied, ainsi que le verrouillage de la cheville nécessaire à la propulsion. Il facilite le transfert d'appui de l'arrière pied vers l'avant pied lors de la phase d'appui(8).

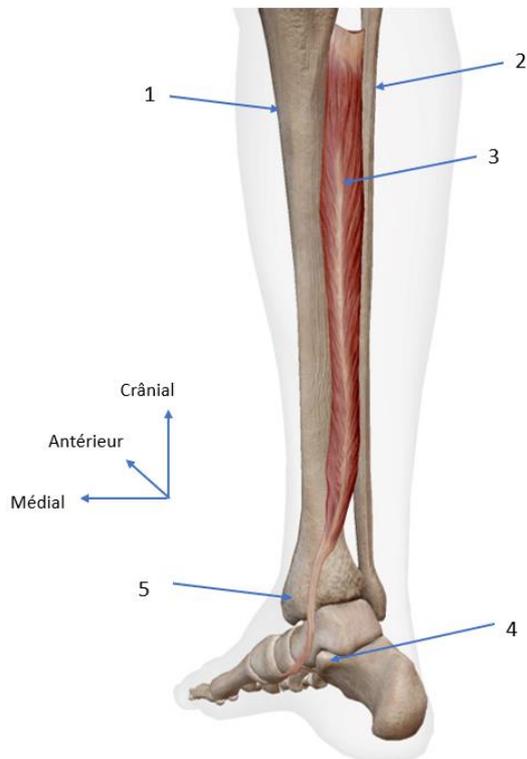


Figure 2. Schéma vue dorso médiale de jambe *Visible Body Suite (version 4.31)*

- 1 – Tibia
- 2 – Fibula
- 3 – Tibial postérieur
- 4 – Sustentaculum Tali
- 5 – Malléole médiale

En cas de TTP pathologique ou rompu, plus rien ne s'oppose à la force de traction du long fibulaire qui mène l'avant pied en abduction et l'articulation sous talienne en valgus(9,10). Le tendon calcanéen agit comme un inverseur puissant de la cheville, mais il dépend du TTP pour initier le mouvement. En cas de dysfonction de celui-ci, le tendon calcanéen reste proche de l'axe sous talien ce qui va encore réduire sa fonction d'inversion et de stabilisation de l'articulation. A mesure que la déformation progresse, les structures médiales du ligament deltoïde et du « spring ligament » se distendent et ne peuvent plus s'opposer à l'effondrement.

A la suite de l'affaissement de l'arche médiale, le talus se porte en flexion plantaire, le calcanéus se subluxé en postérieur et le processus antérieur du calcanéus ne soutient plus la tête du talus. En réaction le médio et l'avant pied se subluxé dorsalement et latéralement autour du talus car la colonne latérale ne peut pas s'adapter (Figure 3).



Figure 3. Angle talo-calcanéen pathologique reflétant la bascule médiale du talus suite à la perte de support du sustentaculum tali.

Une fois la tête du talus complètement basculée, la déformation devient irréductible et entraîne un excès de pression sur les articulations de la cheville menant à une dégradation arthrosique de l'articulation tibio-talienne et sous-talienne(11).

B. Dysfonction du tibial postérieur

La dysfonction du tibial postérieur a été classée en 4 stades selon Myerson puis complétée par Bluman en 2007 qui établit une proposition thérapeutique à chaque stade de la déformation(12,13). Au stade 2B, la déformation en pied plat avec affaissement de l'arche longitudinale médiale et valgisation de l'arrière pied apparait cliniquement mais reste souple et réductible, de même que l'abduction de l'avant pied (Tableau 1).

Stade		Arrière-pied	Avant-pied	Douleur tendon tibial postérieur	Déformation talo-crurale	
Stade 1		Normal	Normal	Oui	Non	
Ténosynovite du tendon tibial postérieur						
Stade 2	2. A	2.A. 1	Valgus souple	Supination souple	Oui	Non
		2.A. 2	Valgus souple	Supination fixée	Oui	Non
		2.B	Valgus souple	Abduction	Oui	Non
		2.C	Valgus souple	Supination fixée	Oui + sinus du tarse	Non
Stade 3	3.A	3.A	Valgus fixé	Pas de déformation	Oui + sinus du tarse	Non
		3.B	Valgus fixé	Abduction	Oui + sinus du tarse	Non
Stade 4	4.A	4.A	Valgus fixé	Abduction	Oui + sinus du tarse	Valgus réductible
		4.B	Valgus fixé	Abduction	Oui + sinus du tarse	Valgus fixé

Tableau 1. Résumé des caractéristiques cliniques dans la classification de Bluman, d'après Bluman et al. *Posterior Tibial Tendon Rupture : A Refined Classification System.*

Cependant la poursuite des travaux sur la compréhension des mécanismes pathologiques du pied plat a mis en évidence des insuffisances dans les classifications

proposées précédemment. Contrairement à ce qu'évoquait Myerson en 1997, il n'existe pas de continuum dans la dysfonction du TTP qui expliquerait les différents stades de la pathologie et l'aggravation linéaire de celle-ci. Les structures du médio ou de l'avant-pied telles que les articulations tarsométatarsiennes ou naviculo-cunéiformes peuvent être affectées sans rupture du tibial postérieur mais en association avec des atteintes de l'aponévrose plantaire ou du « spring ligament ».

Le terme de « Progressive Collapsing Foot Deformity » (PFCD) a donc été suggéré par Myerson et al. en 2020(14) en remplacement de « Adult Acquired Flatfoot Deformity » (AAFD) qui avait cours jusqu'à présent dans la littérature internationale. Une nouvelle classification a été mise en place pour s'accorder avec cette dénomination. Elle permet de décrire l'ensemble des déformations quel que soit leur siège (arrière, médio ou avant pied) selon leur réductibilité ou non (Annexe 3). Cependant, elle n'est pas encore utilisée en pratique courante et il existe encore des limites à son utilisation, notamment la reproductibilité inter observateur (15)

C. Prise en charge thérapeutique

Bien que le principe des ostéotomies calcanéennes soit connu depuis A. Gleich en 1893(16), la prise en charge chirurgicale du pied plat a longtemps consisté en des arthrodèses combinées de l'arrière et du médio pied. Il a été remis au goût du jour par Koutsogniannis en 1971 pour la prise en charge du pied plat pédiatrique (17).

Myerson rapporte en 1996, l'association d'une ostéotomie de médialisation à un transfert tendineux utilisant le long fléchisseur des orteils pour la prise en charge du pied plat souple avec dysfonction du TTP de grade II chez l'adulte(18,19). Les indications ont été précisées suite au consensus publié par Schon et al en 2020. (20)

La médialisation du calcanéus permet de limiter les forces valgisantes du tendon calcanéen et d'augmenter le bras de levier varisant sur l'articulation sous talienne (10) ; elle permet dans le même temps de réduire la force nécessaire au TP pour l'inversion de la cheville(21), cela permet de soulager un tendon pathologique ou de faciliter l'action d'un transfert, par nature moins performant comme illustré dans la figure 4.

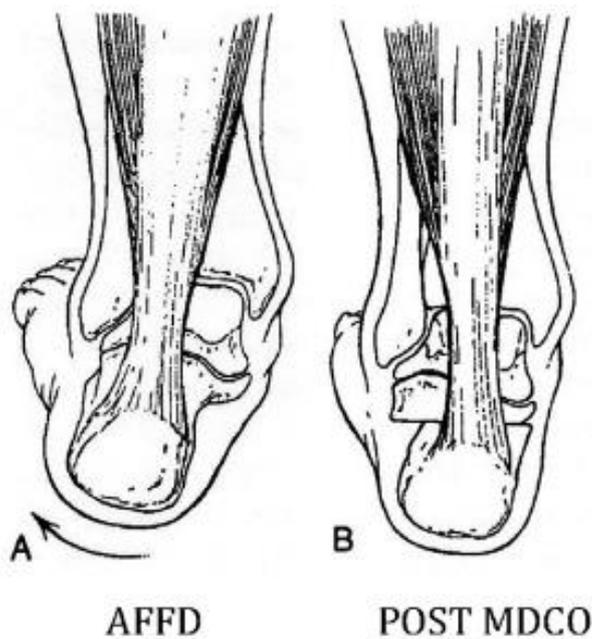
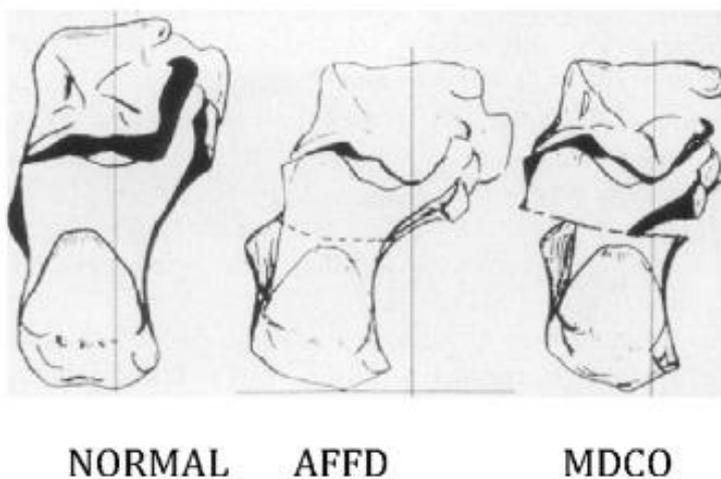


Figure 4. Restauration de l'axe de l'arrière pied après ostéotomie de médialisation, d'après Guha et al. *Calcaneal Osteotomy in the Treatment of Adult Acquired Flatfoot Deformity*



Les ostéotomies calcanéennes de médialisation représentent une option thérapeutique de choix dans la prise en charge du pied plat acquis de l'adulte permettant la correction extra articulaire des déformations tout en conservant une bonne mobilité dans le couple de torsion.

Les résultats favorables de cette intervention, tant sur le plan de la douleur que de l'amélioration de la fonction du pied, sont connus à court et moyen terme (4,22–25).

Il existe encore peu de séries ayant un recul supérieur à 5 ans. Les analyses portent en général sur l'ostéotomie associée à un transfert, auxquels peuvent être associés d'autres gestes osseux ou tendineux, par exemple une ostéotomie d'allongement de la colonne latérale selon Evans ou un allongement du tendon calcanéen. Les données sur les résultats de l'ostéotomie isolée sont rares.

De plus, les informations à long terme des pieds opérés sont encore peu disponibles, notamment sur l'évolution de l'articulation sous talienne à long terme ou sur la nécessité d'une reprise chirurgicale pour des gestes complémentaires d'arthrodèses.

Notre étude analyse les résultats cliniques des ostéotomies calcanéennes de varisation réalisées dans le service au recul minimum de 5 ans. Les résultats des scores fonctionnels et les mesures radiographiques ont été comparés au cours du temps.

Notre hypothèse principale était que :

- Les résultats fonctionnels étaient satisfaisants et stables à long terme.
- La correction des paramètres radiographiques était stable dans le temps.

II. Matériel et méthodes

Nous avons réalisé une analyse rétrospective, monocentrique, multi opérateurs.

Cinquante-cinq patients soit 62 pieds ont été inclus dans l'étude, 32 patients ont été revus en consultation parmi lesquels 6 ont été opérés de façon bilatérale ; 16 ont été perdus de vue dont 1 patiente décédée ; 7 n'ont pas souhaité prendre part à l'étude. Tous les patients ont été opérés dans le Service d'Orthopédie 1 du CHRU de Lille entre janvier 2011 et décembre 2018 par les chirurgiens séniors du service (PU-PH, PH, CCA).

Nous avons inclus tous les patients opérés d'une ostéotomie de varisation calcanéennes pour un pied plat valgus de type II. D'autres gestes chirurgicaux pouvaient être associés : allongement de tendon calcanéen, transfert du long fléchisseur des orteils ou du long fléchisseur de l'hallux, exérèse d'os naviculaire accessoire, aponévrotomie des gastrocnémiens. Toutes les ostéotomies ont été réalisées à ciel ouvert. Le recul minimum était de 5 ans. Les données ont été recueillies lors de l'analyse des dossiers informatiques d'imagerie ainsi que lors d'une consultation de révision des patients entre novembre 2022 et mai 2023, par un observateur indépendant.

A. Interrogatoire des patients

Au cours de la consultation de suivi, les données suivantes ont été recueillies :

- Age, poids, sexe
- Comorbidités : diabète, consommation tabagique, antécédents traumatiques ou rhumatologique de la cheville ou du pied atteint

- Antécédents chirurgicaux de la cheville ou du pied opéré
- Port d'orthèses podologiques en pré et post opératoire
- Présence d'un bilan d'imagerie par IRM
- Position de la cicatrice dans la « safe zone »
- Douleurs dans le territoire du nerf sural
- Défaut de cicatrisation post opératoire
- Ablation du matériel
- Survenue d'une infection post opératoire
- Survenue d'une pseudarthrose
- Persistance de douleurs sous taliennes en post opératoire
- Nécessité d'une reprise chirurgicale
- Port de semelle en post opératoire

B. Scores cliniques

Nous avons évalué cliniquement les patients avec le score de Kitaoka, strict équivalent du score de référence de American Orthopaedic Foot and Ankle Surgery (AOFAS). Il prend en compte douleurs, fonction et alignement du pied et établit une note sur 100. Une partie du score fait appel à une évaluation par le clinicien, l'autre aux sensations subjectives du patient. Il s'agit d'un score très fréquemment utilisé et validé dans de nombreuses pathologies du pied et de la cheville (Annexe1). (26,27).

Le score développé par l'European Foot and Ankle Society (EFAS) a également été utilisé. Il s'agit d'un score de type PROM (Patient-Related Outcome Measure) permettant l'évaluation subjective par le patient de sa situation(28). Il se compose de 6 questions dont les réponses utilisent une échelle de 0 à 4 selon des indications

spécifiées pour chaque proposition. La note maximale est de 24 points et traduit le meilleur résultat. Ce score n'est pas spécifique du pied plat mais sa facilité de mise en œuvre permet une bonne adhésion des patients.

Il est à noter qu'il existe de très nombreux scores PROM concernant le pied et la cheville (29,30). Cependant la plupart ont été développés et/ou validés en anglais, sans validation spécifique après traduction, c'est pourquoi nous avons porté notre choix sur le score EFAS qui satisfait à cette exigence et a été traduit et validé dans 7 langues européennes dès sa création.

C. Examen clinique

A l'examen clinique en charge, nous avons évalué l'importance de la déformation avec la recherche d'un valgus calcanéen et la réductibilité de celui-ci lors de la mise sur la pointe des pieds en appui uni ou bipodal. Lorsqu'un transfert tendineux avait été réalisé celui-ci était considéré comme compétent lorsqu'on constatait une varisation du talon lors de la montée sur les pointes. Une abduction de l'avant-pied avec un too many toe sign était également recherchée.

D. Examens radiologiques

Le bilan radiographique en pré opératoire comportait un cliché en charge de cheville et pied de profil et un cliché cerclé de Méary. Trois paramètres fréquemment utilisés lors de l'évaluation des pieds plats ont été mesurés en pré et post opératoire(31).

L'angle de Djian-Annonier se mesurant à l'intersection de deux droites reliant respectivement le point le plus inférieur du calcaneus avec le point le plus inférieur de l'articulation talo-naviculaire, et le point le plus inférieur du sésamoïde médial avec le point le plus inférieur de l'articulation talo-naviculaire. La norme se situe entre 120° et 130°, le pied étant considéré comme plat à partir de 131°.

L'angle de Meary-Toméno, mesuré à l'intersection entre l'axe du talus et l'axe du 1^{er} métatarsien sur une radio de profil en charge. Il est de 0° chez un sujet sain.

Ces deux mesures sont illustrées dans la figure 5.

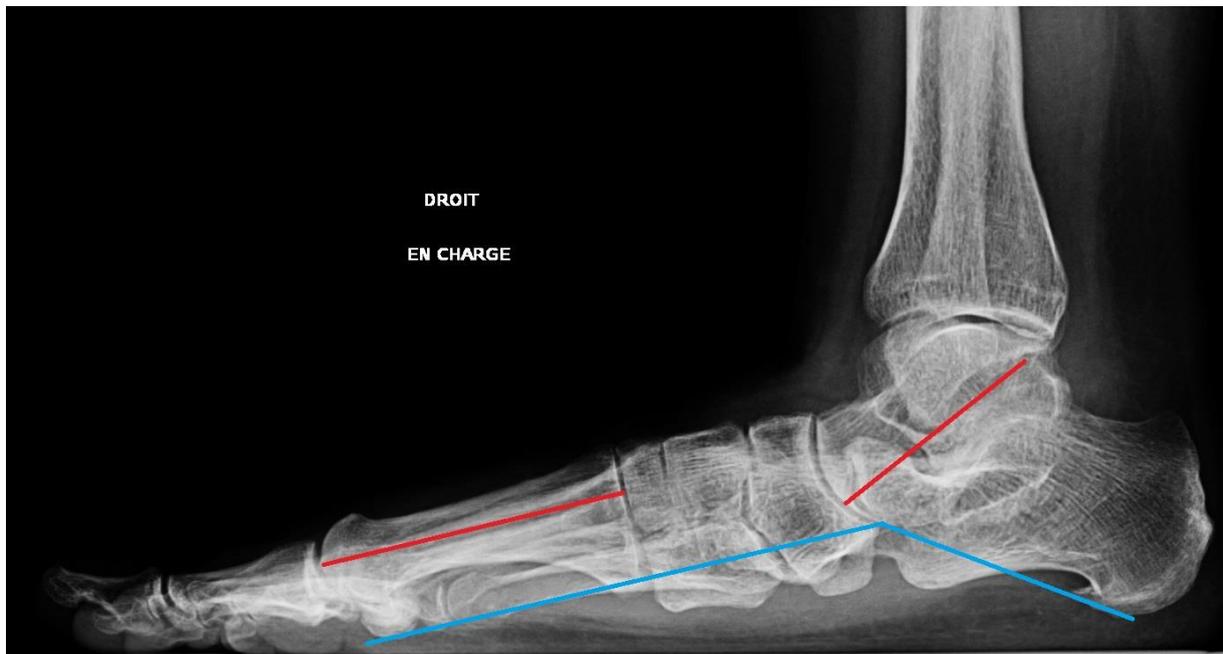


Figure 5. Perte du *pes planus* physiologique avec effondrement de l'axe talus-M1 (en rouge) au niveau de l'articulation talo naviculaire et angle de Djian-Annonier (en bleu) augmenté témoignant d'une déformation sévère.

Le valgus calcanéen, évalué sur un cliché en charge cerclé (incidence de Méary), mesure l'angle entre une droite passant par le milieu de la zone d'appui talonnier et le milieu de l'articulation talo-crurale, et la verticale. Il est physiologique de 3 à 7° (Figure 6). A noter que de nombreuses autres mesures existent

Une IRM préopératoire pouvait compléter le bilan afin d'étudier la morphologie du tendon du tibial postérieur. Cependant celle-ci n'était pas systématique, ni nécessaire pour poser l'indication de transfert du tendon du long fléchisseur des orteils en cas de pathologie cliniquement évidente du tibial postérieur. Cet examen a été réalisé dans 29 cas.

Lors de la révision des patients, un cliché rétro calcanéen était également réalisé afin d'apprécier le degré de translation calcanéenne, notamment dans le cas des patients dont l'ostéotomie était fixée par des vis.

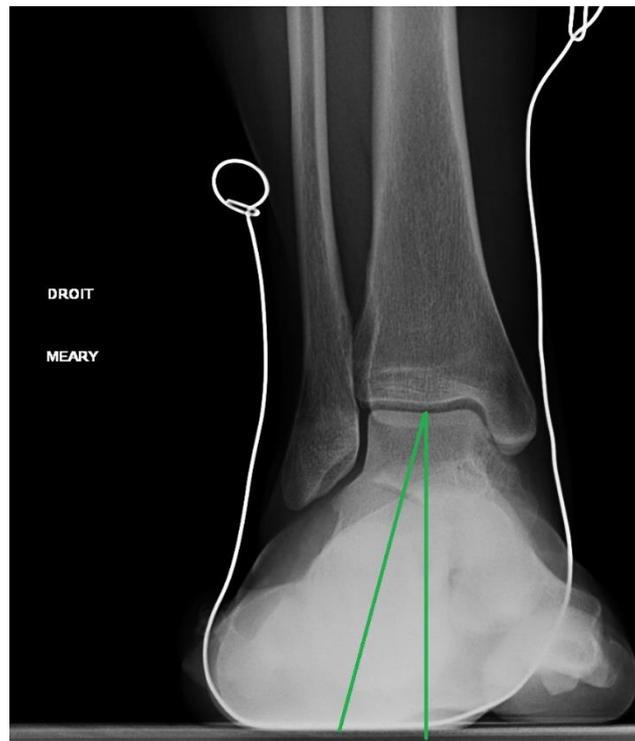


Figure 6. Valgus calcanéen pathologique de 12°

A noter que de nombreuses autres mesures existent pour quantifier l'importance de la déformation, notamment la découverte du talus ou la mesure de l'abduction de l'avant pied. Cependant ces paramètres nécessitent une incidence dorso plantaire en charge dont nous ne disposons pas en pré opératoire.

E. « Safe zone » neurologique

L'évaluation de la « safe zone » était effectuée selon les points de références définies par Geng puis Park lors d'études cadavériques (32,33). Il s'agit de la partie postéro distale d'un quadrilatère à la face latérale du calcaneus défini par la pointe de la malléole latérale, le bord inférieur du calcaneus, la pointe postéro inférieure du calcaneus et le bord latéral du calcaneus comme signalé dans la figure 7. Le positionnement de l'incision dans cette « safe zone » doit permettre d'éviter les lésions iatrogéniques neurologiques qui sont des complications fréquentes dans ce type d'intervention(34,35). Le nerf sural et sa branche calcanéenne latérale peuvent être lésés pendant l'abord, alors que le nerf tibial postérieur et ses branches calcanéenne, plantaire médial et plantaire latéral sont à risque lors de l'ostéotomie.

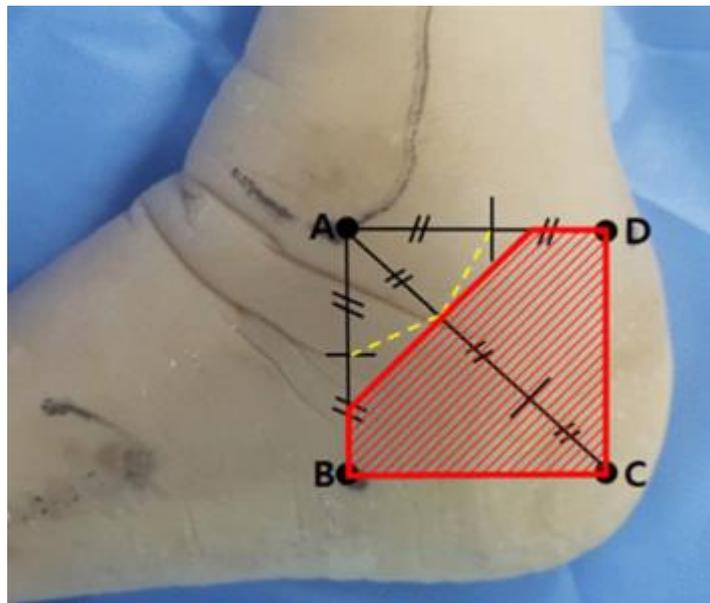


Figure 7. Illustration de la safe zone neurologique, d'après Park JH et al. *The incision strategy for minimizing sural nerve injury in medial displacement calcaneal osteotomy: a cadaveric study.*

F. Technique chirurgicale

Le patient est installé en décubitus latéral, maintenu par un appui dorso lombaire et un appui pubien. Un garrot est positionné et gonflé à la racine du membre ou à la cheville selon le type d'anesthésie (générale ou loco-régionale) (Figure 8).



Figure 8. Installation du patient en décubitus latéral et positionnement du garrot

L'incision cutanée est oblique d'arrière en avant, postérieure à la malléole latérale afin de respecter la « safe zone » neurologique. La dissection sous cutanée pour accéder à la face latérale du calcaneus est limitée afin de préserver la vascularisation cutanée (Figure 9).



Figure 9. Repères anatomiques et voie d'abord latérale

L'ostéotomie est réalisée à l'aide d'une scie oscillante après repérage scopique, le trait est oblique, perpendiculaire à l'axe de la tubérosité calcanéenne (Figure 10).



Figure 10. Direction du trait d'ostéotomie et fixation temporaire par broches ; fixation définitive par vis canulées, *d'après Leemrijse et al. Pathologie du pied et de la cheville*

L'ostéosynthèse pouvait être effectué avec des vis auto-compressives Large Qwix ® (Newdeal, Saint-Priest, France) chez 9 patients. Elles étaient introduites à la partie postéro inférieure du calcaneus et avaient une direction ascendante antéro-médiale. La tête de vis était enfouie dans l'os et il n'a pas été fait usage de rondelles.

Les plaques dédiées type Step Plate ® (Arthrex, Naples, FL, USA) ont été utilisées au cours de 29 interventions. Elles permettent une translation de 5, 7.5 ou 10 mm en fonction de l'importance du pied plat

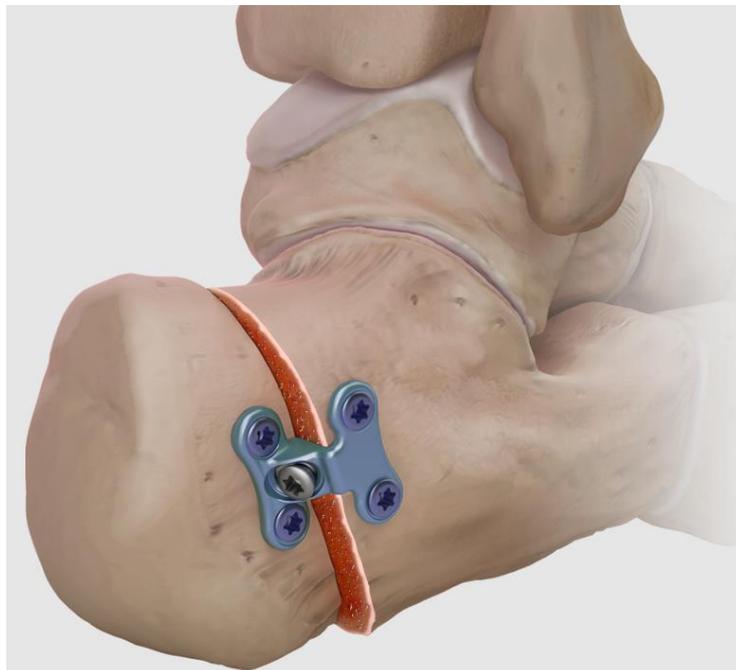


Figure 11. Illustration de la fixation par plaque Step Plate ®

Si un transfert tendineux était décidé, le patient était ensuite repositionné en décubitus dorsal. La voie d'abord médiale était oblique, centrée sur le TTP et son insertion sur l'os naviculaire (Figure 11).



Figure 12. Voie d'abord médiale pour la réalisation du transfert tendineux

Après ouverture de la gaine et exploration du tendon, le long fléchisseur des orteils était sectionné et fafilé en distalité. Un tunnel dorso plantaire était ensuite réalisé dans le naviculaire. Le transplant était passé de plantaire en dorsal puis fixé au tendon du TP s'il était accessible comme présenté dans la figure 12.

Si la longueur du transplant était suffisante, il pouvait également être fixé à lui-même. En cas de greffon court, des ancrs trans osseuses étaient utilisées. Dans tous les cas, le pied était maintenu en position d'inversion forcée afin de garantir une tension maximale du transfert tendineux.

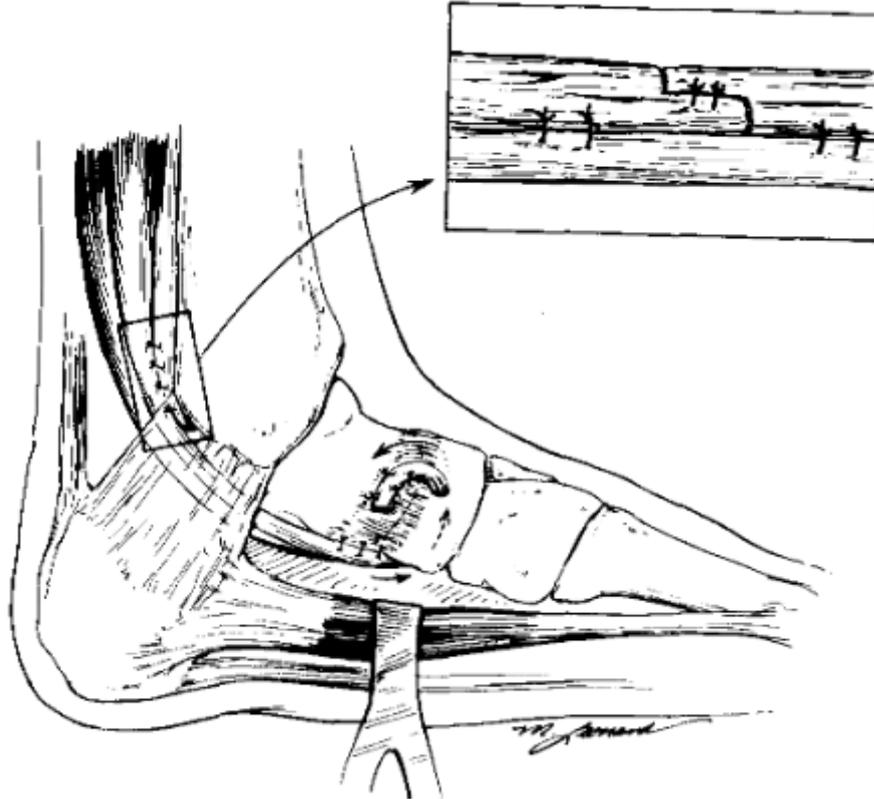


Figure 12. Tunnel trans naviculaire et passage du transplant de plantaire en dorsal, d'après Myerson et al. *Tendon Transfer Combined with Calcaneal Osteotomy for Treatment of Posterior Tibial Tendon Insufficiency: A Radiological Investigation*

G. Analyse statistique

Les caractéristiques des patients ont été décrites selon leur nature par moyenne et écart type ou effectif et pourcentages.

Les variables d'intérêts ont été comparées entre le pré et le post opératoire, à l'aide du test paramétrique de Student apparié ou du test non paramétrique de Wilcoxon apparié.

Des tests non appariés ont été effectués pour comparer les variables selon d'autres variables (patients avec et sans transfert, valgus talonnier supérieur ou inférieur à 15°, ...)

Pour les variables catégoriques, nous avons effectué le test paramétrique du χ^2 et à défaut le test de Fisher. Pour les variables continues, le test de Student et à défaut le test non paramétrique de Wilcoxon. Lorsque les deux variables étaient continues, le test de corrélation de Kendall a été utilisé.

Le seuil de significativité retenu est de $p < 0.05$. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel de statistiques R version 4.3.1

III. Résultats

A. Population

L'âge moyen lors de la chirurgie était de 53 ans, 27 patientes étaient des femmes.

L'IMC moyen était de 27,7 (21 – 57). Sept patients avaient déjà été opérés de leur pieds ou cheville : 4 pour des cures d'hallux valgus ; 1 pour la prise en charge d'une fracture bimalléolaire ; 2 pour des arthrodèses de Chopart chez des patients présentant un pied plat dans l'enfance.

Le recul moyen pour l'étude était de 7 ans (5,0 – 12,1)

L'ensemble des caractéristiques de la population est reporté dans le tableau 2.

Age, moy (SD)	52,8
Sexe, n (%)	
Homme	5 (16%)
Femme	27 (84%)
Coté opéré, n (%)	
Droit	22 (58%)
Gauche	16 (42%)
Tabac, n (%)	
Fumeur	1 (3%)
Non-fumeur	31 (97%)
Diabète, n (%)	3 (10%)
IMC, moy (SD)	27,7 (6,2)
Durée du suivi, moy (SD)	16,5 (18,9)

Tableau 2. Caractéristiques descriptives et cliniques de la population

En plus de l'ostéotomie de médialisation, 19 patients ont bénéficié d'un transfert tendineux aux dépens du LFO à l'exception d'un patient pour qui le LFH a été utilisé.

Le degré de correction moyen était de 8.6 mm. La durée moyenne de l'intervention était de 70 minutes. En cas d'ostéotomie isolée sans transfert tendineux ni allongement du tendon calcanéen le temps opératoire moyen était de 45 minutes. Si un transfert était effectué, l'intervention durait environ 80 minutes.

Ces paramètres sont résumés dans le tableau 3.

Durée opératoire (min), moy (SD)	69.6 (20.3)
Mode de fixation	
Vis	9 (23.7%)
Plaque	29 (76.3%)
Translation (mm), moy (SD)	8.6 (1.9)
Gestes associés, n (%)	
TLFO	18 (47,3%)
TLFH	1 (2,7%)
Allongement d'Achille	16 (42.1%)
Aponévrotomie des gastrocnémiens	1 (2.6%)
Synovectomie TP	3 (7.9%)
Résection naviculaire accessoire	1 (2.6%)

Tableau 3. Paramètres per opératoires

B. Scores cliniques

Le score Kitaoka était de 83.66 (sd=13.51) au dernier recul significativement augmenté par rapport au statut pré opératoire 46.68 (sd=15.94), la progression de ce score se faisait principalement sur les items douleur et du périmètre de marche.

Le score EFAS progressait lui aussi de façon significative passant de 11.2 (sd=3.83) en pré opératoire à 20.08 (sd=3.24).

Ces variations sont résumées dans le tableau 4.

	Pré n=38	Dernier recul n=38	p.value	test
K Douleur	7.63 (sd=10.25)	33.16 (sd=9.33)	<0.001	Paired Wilcoxon
K Fonction	35.71 (sd=7.31)	46.29 (sd=4.42)	<0.001	Paired t-test
K Axe	3.82 (sd=2.15)	5.26 (sd=2)	0.001089	Paired Wilcoxon
K Total	46.68 (sd=15.94)	83.66 (sd=13.51)	<0.001	Paired t-test
EFAS	11.2 (sd=3.83)	20.08 (sd=3.24)	<0.001	Paired t-test

Tableau 4. Scores cliniques pré opératoire et lors du recueil (K = Kitaoka).

C. Paramètres radiographiques

L'angle de Djian-Annonnier moyen était de 128.8° (sd=5.18) en post opératoire contre 132.61 (sd=5.64) en pré opératoire ($p < 0.001$).

Le valgus calcanéen moyen était mesuré à 8.29° (sd=2.79) en post opératoire contre 12.11° (sd=2.3) en pré opératoire ($p < 0.001$).

L'angle de Méary-Toméno moyen était de 7.70° (sd=4.77) en post opératoire contre 10.08° (sd=6.95) en pré opératoire ($p < 0.0001$).

Chacune de ces modifications entre pré opératoire et post opératoire immédiat est statistiquement significative.

Au recul de plus de 5 ans, il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les mesures réalisées en post opératoire immédiat et celles réalisées lors du recueil, y compris pour les reculs les plus longs.

L'ensemble des résultats concernant l'évolution des paramètres radiographiques est regroupé dans le tableau 5.

	Pré n=38	Post n=38	p.value	test
Djian	132.61 (sd=5.64)	128.28 (sd=5.18)	<0.001	Paired t-test
Valgus	12.11 (sd=2.3)	8.29 (sd=2.79)	<0.001	Paired t-test
Méary- Toméno	10.08 (sd=6.95)	7.70 (sd=4.77)	0.000052	Paired Wilcoxon

	Post n=38	Dernier recul n=38	p.value	test
Djian	128.28 (sd=5.18)	128.5 (sd=6.13)	0.546331	Paired Wilcoxon
Valgus	8.29 (sd=2.79)	8.74 (sd=2.99)	0.163568	Paired Wilcoxon
Méary- Toméno	7.70 (sd=4.77)	8.6 (sd=6.23)	0.516814	Paired Wilcoxon

Tableau 5. Evolution des paramètres radiographiques au cours du suivi

L'analyse en sous-groupes selon que le valgus calcanéen soit strictement inférieur, ou supérieur ou égal à 15° n'a montré aucune différence significative entre ces 2 échantillons. Les résultats détaillés sont présentés en annexe 4.

L'analyse des corrélations entre paramètres radiographiques pré opératoire et scores cliniques post opératoires n'a pas permis de mettre en évidence de relations significatives. De même il n'est pas retrouvé de corrélation statistique entre critères radiographiques post opératoires et score post opératoires (Tableau 6).

Score Kitaoka			Score EFAS		
	tau	p.value		tau	p.value
Valgus pré op	-0.01	0.92	Valgus pré op	-0.01	0.92
Méary-Tomeno pré op	0.02	0.85	Méary-Tomeno pré op	0.02	0.85
Valgus post op	-0.15	0.22	Valgus post op	-0.15	0.22
Méary-Tomeno post op	-0.03	0.79	Méary-Tomeno post op	-0.03	0.79

Tableau 6. Coefficients de corrélation et p.value entre scores cliniques et paramètres radiographiques

Vingt-neuf patients ont bénéficié d'une imagerie pré opératoire par IRM afin d'étudier le tendon du TP. Celui-ci était considéré comme normal chez 8 d'entre eux, c'est-à dire sans lésion fissuraire ni signe de tendinopathie chronique. Dix-sept patients présentaient un TP pathologique et 4 une rupture objectivée à l'IRM.

Pour les patients n'ayant pas bénéficié d'IRM, le TP était considéré comme sain devant une force conservée en inversion et l'absence de douleurs lors de l'examen clinique.

D. Complications et reprise chirurgicale

Concernant la survenue de douleurs dans le territoire du nerf sural, 7 patients (18%) signalent une gêne persistante à type de paresthésies douloureuses ou

anesthésie de la face latérale du pied, parmi eux 4 patients ont une cicatrice hors de la « safe zone ».

Aucune infection profonde, ni pseudarthrose de l'ostéotomie n'ont été relevés. Seuls 2 patients, opérés avec des plaques latérales, ont présenté un retard de cicatrisation, résolutifs à l'aide de soins locaux pour l'un et après ablation de la plaque à 6 mois pour l'autre. Par ailleurs 6 patients (15%) ont souhaité l'ablation de leur matériel (3 fixations par vis et 3 fixations par plaque en raison d'un inconfort talonnier ou de la face latérale du calcaneus).

E. Port de semelles

Parmi les 19 patients ayant bénéficié d'un transfert tendineux, 13 d'entre eux (68%) nécessitent le port de semelles en post opératoire. Dans le groupe non transféré, 11 patients (57%) portent encore des semelles après l'intervention. Cette différence n'est pas significative ($p=0.7366$).

F. Mode de fixation

La fixation a été assurée par des vis dans 9 cas, et par une plaque latérale lors des 29 autres interventions. Il n'a pas été mis en évidence de différence statistiquement significative entre ces 2 groupes. Les paramètres démographiques sont comparables, ainsi que les scores cliniques pré ou post opératoires, ou encore les mesures radiographiques. Les résultats détaillés des comparaisons entre vis et plaque sont disponibles en annexe 5.

IV. Discussion

Nous avons mis en évidence une amélioration significative et durable des scores fonctionnels qui apparaissent satisfaisants au recul moyen de 7 ans. La correction des paramètres radiographiques évalués est également significative et pérenne dans le temps.

A. Population

Les caractéristiques démographiques de notre échantillon sont comparables avec les dernières données disponibles dans la littérature. Le registre national suédois publié en 2023 recense les données de plus de 700 interventions de pied plat. Il permet de confirmer qu'il s'agit d'une pathologie intervenant dans la 2^{ème} moitié de la vie, chez des patients en surpoids (IMC moyen > 25) (36), ce qui accrédite l'hypothèse de lésions dégénératives du tibia postérieur comme étiologie du pied plat. De plus la prépondérance féminine est à mettre en rapport avec la baisse de production de collagène I, principal constituant du tendon du TP, lors de la ménopause (9). Notons tout de même que cet argument hormonal, bien que suspecté, n'a jamais été formellement démontré et que le pied plat relève de causes multifactorielles toutes n'étant pas encore connues.

B. Scores cliniques

En accord avec les données de la littérature, les scores cliniques sont améliorés de façon significative après l'intervention. Cette amélioration est pérenne car bien que nous ne disposions pas des scores post opératoires immédiats, nos valeurs sont proches de séries publiées à plus court terme (23,37–40), notamment celle de

Myerson et al. en 2004 qui a obtenu un score de Kitaoka moyen de 79 points. Notre score moyen était de 83.6 points.

Il n'a pas été noté d'amélioration significative des scores cliniques entre les groupes lorsque la translation du calcaneus était supérieure ou égale à 10 mm, en comparaison d'une translation de 7.5mm disponible grâce aux plaques Step Plate ®. Cependant il a été démontré lors d'une étude cadavérique qu'une translation de 10 mm permet de redistribuer le poids de l'avant pied vers les rayons latéraux comme il doit être dans un pied sain (41). Nous pourrions alors légitimement penser qu'il n'y a pas d'intérêt à une correction inférieure à 10 mm, cependant Conti a mis en évidence que les meilleurs résultats post opératoires étaient obtenus lorsque le talon était cliniquement normo axé ou que le bras de levier de l'arrière pied mesuré radiographiquement se situe entre 0 mm et 5 mm de varus (42).

Le bras de levier de l'arrière pied est une mesure du valgus talonnier sur des radios en charge selon l'incidence de Saltzman ; il est défini comme la distance entre l'axe mécanique du tibia et le point le plus inférieur du calcaneus, sa valeur dans la population générale est de de 3.2 mm de varus (Figure 11)(43).

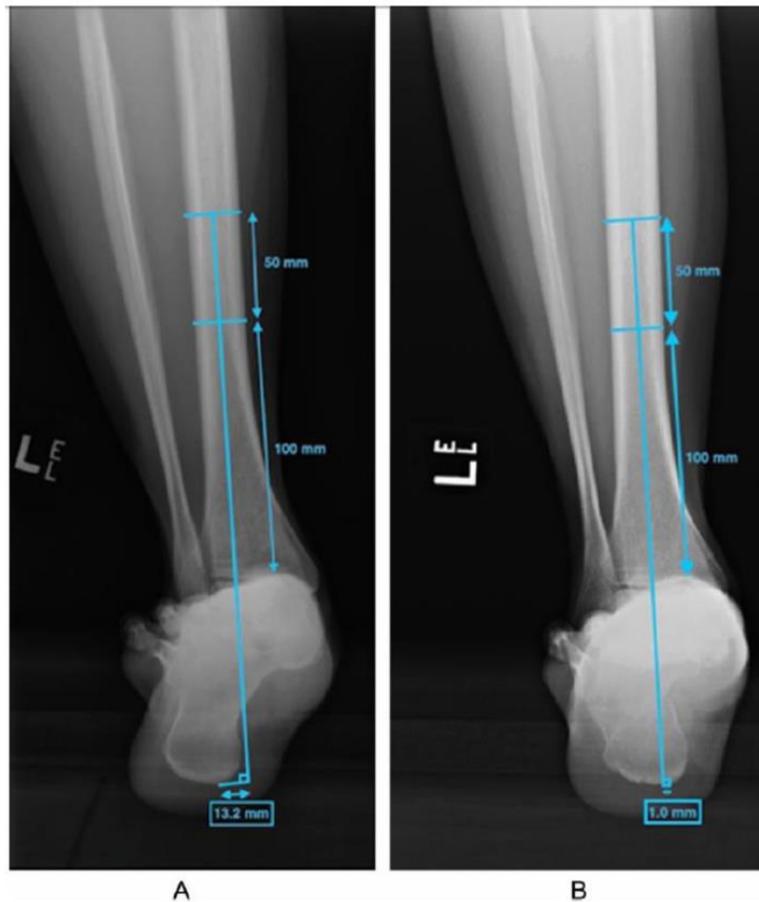


Figure 13. Bras de levier de l'arrière pied radiologique selon l'incidence de Saltzman A) Cliché pré opératoire et B) post opératoire, *d'après Conti et al. Optimal position of the heel following reconstruction of the stage II adult acquired flatfoot deformity*

Dès lors, en s'aidant du bras de levier pré opératoire et de l'équation proposé par Chan(40), nous pourrions estimer en pré opératoire le degré de translation nécessaire pour chaque patient en s'adaptant à sa déformation. Cependant nous n'avons pas pu réaliser cette mesure dans notre série car le cliché cerclé de Méary ne le permet pas.

Dans notre série, 6 patients s'estiment insatisfaits de l'intervention avec des scores Kitaoka inférieur à 70 points et EFAS inférieur à 16, soit 14% de notre effectif. La principale raison de cet échec est la persistance de douleurs et la limitation

fonctionnelle associée. Myerson en 2002 rapporte 8% d'insatisfaction en post opératoire pour des raisons similaires(23).

Parmi ces 6 patients, il est retrouvé une récurrence de la déformation en pied plat valgus chez une patiente et, pour une autre patiente, l'absence de correction d'une déformation importante avec valgus calcanéen de 14° et angle talus-M1 à 16°. Un troisième patient est suivi dans un centre de la douleur pour des douleurs chroniques du membre opéré. Pour les autres patients, il n'est pas mis en évidence de cause évidente à la persistance des douleurs qui ne semble pas liée à une atteinte du nerf sural iatrogène ou par dégradation arthrosique de la cheville.

C. Paramètres radiographiques

Nous avons constaté l'absence de modification des paramètres radiographiques après chirurgie à plus de 5 ans. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les mesures au dernier recul post opératoire et celles effectuées lors de la consultation de recueil.

Ces résultats sont concordants avec l'étude de Niki et al. en 2012 avec un recul moyen de 5,6 ans (4). Ce dernier mettait en évidence une perte de la correction chez les patients présentant un valgus talonnier > 15° avec de moins bons scores fonctionnels. Dans notre échantillon seuls 6 patients présentaient un tel valgus, il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les deux échantillons. Cependant nous constatons qu'il s'agit des patients présentant les scores les moins satisfaisants avec pour certains soit une hypocorrection, soit une récurrence de déformation alors même que la translation réalisée en per opératoire était de 7,5 ou 10 mm.

Vora et al dans une étude cadavérique suggèrent que l'adjonction d'un implant d'arthrorise sous talienne pourrait améliorer la correction radiographique chez ces patients dits sévères(44). Dans cette même étude, un angle talus-M1 de profil supérieur à 25° était également en défaveur d'un résultat favorable à long terme(4). Aucun de nos patients ne présentait une telle déformation, ce qui est en faveur d'une meilleure sélection de nos patients en contre indiquant l'ostéotomie de Myerson dans les situations les plus sévères.

Nous n'avons pas mis en évidence de corrélation entre les mesures radiographiques pré ou post opératoires et les résultats cliniques rapportés par les patients. Cette observation est en accord avec les données de la littérature sur l'ostéotomie de Myerson qui ne modifie pas drastiquement les paramètres structurels du pied(4,45).

L'analyse radiographique en 2D étant cependant sujette aux erreurs de mesures manuelles et aux troubles rotatoires, le développement de l'imagerie 3D en charge permet de mieux apprécier tous les aspects de la déformation. Dans la conférence de consensus publié en 2020, les auteurs recommandaient la réalisation d'une telle imagerie dès qu'elle était disponible pour la planification pré opératoire(46). Une première étude a déjà permis l'élaboration d'une méthode permettant la comparaison pré et post opératoires de l'alignement de l'arrière et du médio pied. Il en découle une formule permettant de calculer le degré de translation nécessaire à l'obtention d'une correction adéquate(47).

D. Rôle du transfert tendineux

L'étude des patients selon la réalisation ou non d'un transfert tendineux retrouve des groupes comparables d'un point de vue démographiques à l'exception faite de l'âge. Les patients ayant bénéficié d'un transfert sont plus âgés de 7ans (49.3 vs 56.3 p=0.024), ce qui est en faveur de lésions tendineuses chroniques.

Nous retrouvons davantage de pathologie du TTP (tendinopathie fissuraire ou rupture) dans le groupe des patients transférés mais les scores et les critères radiographiques pré opératoires restent comparables aux patients n'ayant pas eu de geste tendineux complémentaire. Après chirurgie, les résultats cliniques ainsi que la varisation du calcaneus lors de la mise sur la pointe des pieds sont comparables entre les deux groupes. Seul l'angle de Djan semble légèrement mieux corrigé. La faible influence du transfert sur la correction de l'arche est connue, les modifications structurales étant liées principalement à l'ostéotomie (48,49)

Nous pouvons donc nous poser la question de l'intérêt d'un transfert tendineux systématique notamment chez les patients avec TTP sain à l'IRM pré opératoire. Dans notre étude, aucun patient n'a bénéficié d'un transfert tendineux dans cette situation. Un seul patient a bénéficié d'un transfert alors que le TTP était considéré comme cliniquement sain sans évaluation IRM, ce qui expose à une erreur d'appréciation lors de l'examen clinique en consultation, en l'absence de procédure standardisée et contrôlée. A contrario, tous les patients présentant un TTP rompu ont bénéficié d'un transfert.

Les décisions de transfert en fonction du statut du TTP et selon la présence ou non d'une IRM préopératoire sont illustrées dans le diagramme de flux suivant (Figure 13).

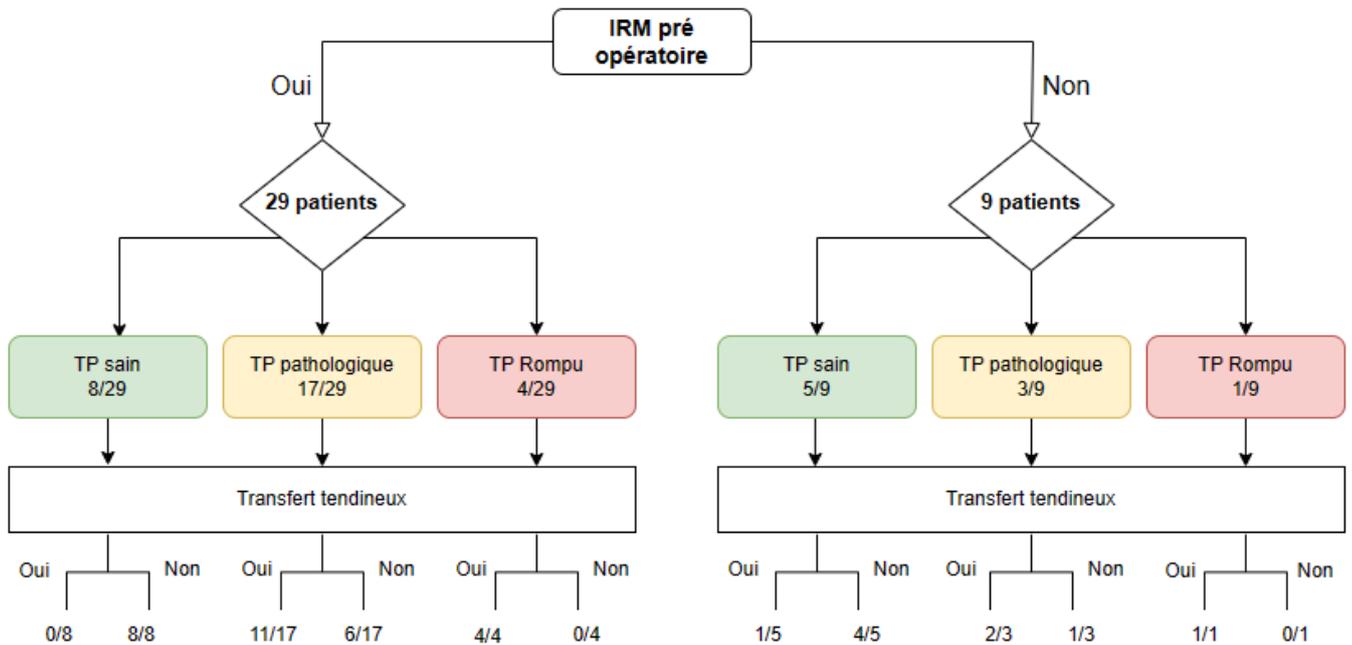


Figure 13. Diagramme de flux sur la réalisation d'un transfert tendineux selon le statut du TTP et la réalisation d'une IRM en pré opératoire

L'IRM n'est cependant pas infaillible dans la détection des tendinopathies du TTP puisque deux séries rapportent respectivement 16,7% et 33% de lésions fissuraires passées inaperçues et découvertes par tendinoscopie(50,51). Cette dernière technique permet, selon les mêmes auteurs, l'exploration et la synovectomie ou le débridement éventuel de lésions. Elle peut s'associer à une ostéotomie de médialisation concomitante ou être réalisée isolément, permettant d'obtenir une amélioration fonctionnelle à plus de 2 ans de recul(52).

E. Etude du « spring ligament »

Les informations disponibles sur le plan ligamentaire médial et le « spring ligament » sont malheureusement limitées dans notre série. Parmi les 29 bilans d'IRM réalisés, seuls 10 d'entre eux mentionnent clairement l'état du plan ligamentaire médial et tous ne décrivent pas spécifiquement le « spring ligament ». Ce dernier a été considéré comme intact dans 4 cas et pathologique (infiltration ou rupture) dans 3 cas. Sur le plan chirurgical, une seule réinsertion sur ancras du LCM a été réalisée chez un patient ayant présenté un traumatisme de cheville décompensant son pied plat en quelques mois.

La réparation directe du « spring ligament » est rarement effectuée isolément. Les études biomécaniques menées à ce sujet n'ont pas permis d'obtenir des résultats satisfaisants, des ruptures de la réparation ont été constatées après plusieurs cycles de marches en charge, et la translation latérale du pied n'était corrigée que lors de reconstructions à l'aide de ligaments synthétiques(53).

Les premiers essais de reconstruction du plan médial ont été décrit au milieu des années 1990 par Thordason lors d'études cadavériques en utilisant des autogreffes de Long Fibulaire (LF)(54). Il s'agit de la reconstruction non anatomique la plus fréquente. Elle permet la correction de la déformation talienne tant en plantaire qu'en abduction. Williams obtient des résultats satisfaisants sur le plan clinique et radiologique avec un recul moyen de 8,9 ans(55).

Avec la compréhension grandissante de la physiopathologie du plan ligamentaire médial de la cheville, des reconstructions combinées du « spring ligament » et du ligament deltoïde sont aussi en cours d'évaluation. Des résultats encourageants sont rapportés par Grunfeld sur l'amélioration des paramètres

radiographiques et des scores de qualité de vie patients à court terme sur une courte série clinique(56).

La plupart de ces réparations ou reconstructions s'effectuent en association avec des gestes osseux types ostéotomies d'allongement ou de médialisation calcanéenne. Il peut dès lors s'avérer difficile d'établir la part de l'amélioration clinique liée aux gestes sur les parties molles, par rapport à celle du geste osseux.

La littérature à ce sujet est encore assez récente, une conférence de consensus menée par Deland et al. a été publiée en 2020. Il recommande la réalisation d'un geste de reconstruction sur les parties molles médiales si la correction en abduction obtenue en peropératoire ne dépasse pas 50% de la déformation initiale, mais le choix de la technique chirurgicale reste à établir.

Notre série portant sur des patients pris en charge majoritairement avant 2018, date de la parution des principaux résultats à propos du « spring ligament », les informations à ce sujet sont peu disponibles car ne rentrant pas en compte dans la prise en charge commune des patients à cette date. L'analyse de ces données chez des patients opérés plus récemment pourrait constituer un complément à ce travail.

F. Autres techniques chirurgicales

L'ostéotomie d'allongement calcanéen décrite par Evans (57) est une autre option chirurgicale conservatrice. Elle est utilisée lors de déformation avec une abduction marquée de l'avant pied dont elle permet une meilleure correction. Cette technique obtient également de bons résultats à court et moyen terme autant sur l'amélioration des paramètres radiologiques et des scores cliniques(58,59). Bolt en 2007 a comparé médialisation et allongement, il a mis en évidence une correction plus

importante et plus durable par l'allongement, mais au prix d'arthroses des articulations adjacentes plus nombreuses et de pseudarthroses plus fréquentes. Il n'existe pas à notre connaissance de séries avec un recul aussi important que pour les ostéotomies de médialisation.

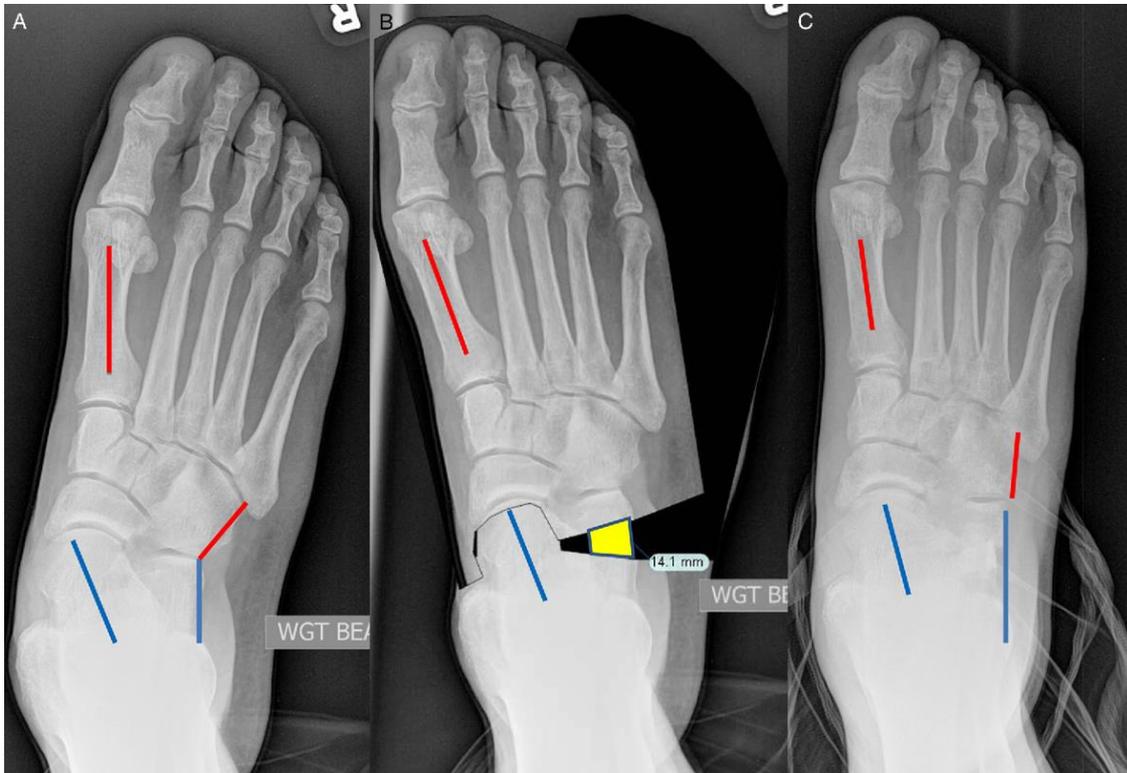


Figure 15. Planification pré opératoire et aspect radiographiques après ostéotomie d'Evans, d'après Siddiqui et al. *Digital planning for foot and ankle deformity : Evans osteotomy*(60).

L'association de ces deux interventions a été proposée par certains auteurs permettant la correction du valgus talonnier et de l'abduction de l'avant pied s'il existe une découverte du talus supérieur à 30°(61,62). Les résultats disponibles à 2 ans sont favorables avec un score AOFAS autour de 80 et une restauration de la hauteur de l'arche médiale sur les clichés radiographiques. Les complications cutanées sont

de l'ordre de 8%. Ces données restent à confirmer par des séries de plus grand effectif à l'avenir.

Depuis le milieu des années 2000, l'arthrorise sous talienne s'est également développée. Bien qu'il s'agisse principalement d'une technique pédiatrique, ces résultats ont également été évalués dans la population adulte. Son principe repose sur la mise en place d'un implant d'interposition au sein du sinus du tarse permettant de limiter la pronation du pied et s'opposant à l'effondrement de l'arche médiale(63).

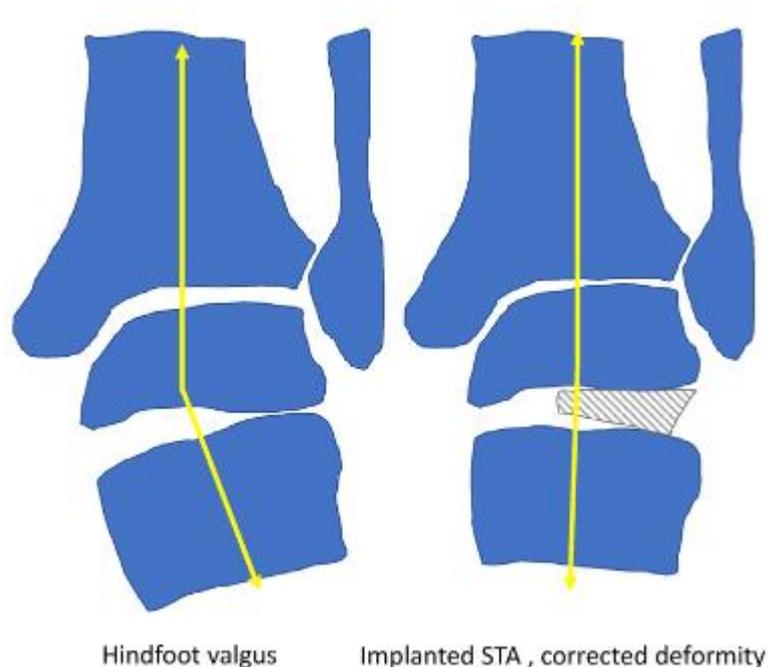


Figure 16. Correction du valgus talonnier par implant d'arthrorise sous talienne, d'après Irgit et al. *Flexible progressive collapsing foot deformity*(64)

La littérature à ce sujet est cependant contrastée. Les études mettent en évidence l'amélioration des scores cliniques post opératoires(65,66) mais la plupart d'entre elles utilisent l'arthrorise comme un geste complémentaire pour la correction d'un pied plat.

L'association aux ostéotomies calcanéennes est fréquente. Il existe de nombreuses complications telles que la migration de l'implant, une fracture du talus, des douleurs persistantes du sinus du tarse nécessitant l'ablation de l'implant dans 6 à 39% des cas(64). Dans un sondage de 2015 auprès des membres de l'AOFAS, un tiers des répondants indique avoir abandonné cette technique du fait de ces complications(67). Aucune donnée à long terme n'est pour l'instant disponible. Cette technique n'est pas pratiquée de façon courante dans notre service.

G. Complications

Osman et al. rapportent que la gêne sur le matériel est la principale cause de réintervention qui a été effectués chez 26% de leurs patients (37,68). Dans notre série le taux de reprise chirurgicale est inférieur avec seulement 15% d'ablation de matériel, sans différence entre plaque et vis. Ce chiffre est comparable aux autres séries d'ostéotomies calcanéennes publiées

Il est retrouvé des douleurs lors de l'examen clinique de l'articulation sous talienne chez 6 patients laissant craindre une dégradation arthrosique, cependant il semble que celle-ci soit relativement bien tolérée car aucun des patients n'avaient entrepris une prise en charge spécifique de ces douleurs.

Dans les 2 séries publiées avec un recul de plus de 10 ans concernant l'ostéotomie de médialisation, le taux de reprise chirurgicale est faible. Ruffili dans sa série comportant 90 ostéotomies de médialisation rapporte 4 échecs (4,5%) ayant nécessité une reprise chirurgicale par arthrodèse sous talienne(69). Chadwick note lui aussi 4 échecs (12%) qu'il définit comme la récurrence de douleurs et la perte de fonction

nécessitant une reprise chirurgicale. Deux patients ont été repris pour des arthrodèses calcanéocuboïdiennes à 1 an de l'intervention, les autres pour une arthrodèse talonaviculaire et une triple arthrodèse à respectivement 5 et 11 ans.

A ce jour, aucun des patients revus dans notre travail n'a nécessité de chirurgie de reprise pour une arthrodèse de l'arrière pied qui constitue l'alternative au traitement conservateur par ostéotomies calcanéennes (70,71).

Les différentes séries publiées rapportent un taux de complications neurologiques situées entre 7% et 35% (72,73). Pour limiter la survenue de douleurs, la réalisation de l'ostéotomie à l'aide d'une scie de Gigli sous contrôle endoscopique a été suggérée(74).

Par ailleurs le développement de la chirurgie percutané pourrait également constituer une alternative moins délétère, mais la littérature à ce sujet n'est pas unanime(38,75,76), et cela ne semble pas influencer les résultats cliniques. Gardons à l'esprit qu'il peut s'agir d'une alternative chez les patients à haut risque de complications cutanées (diabétiques, corticothérapie au long cours, fumeurs actifs, etc...).

H. Limites

Le pourcentage de patients n'ayant pu être revus s'élève malheureusement à près de 40%, ce qui est susceptible de limiter la validité interne de notre étude. Cependant compte tenu du recul supérieur à 5 ans, ce chiffre peut être considéré comme acceptable(77). Par ailleurs, l'analyse rétrospective basée sur les souvenirs

des patients entraîne nécessairement un biais de mémoire dont il faut également tenir compte.

Concernant l'analyse des paramètres radiographiques, nous pouvons également déplorer l'absence d'évaluation de la divergence talo-naviculaire sur le cliché de pied de face en charge. C'est un paramètre fréquemment évalué comme témoin de l'abduction du médio pied, cependant cette incidence n'était pas systématiquement disponible en pré opératoire empêchant la comparaison avant/après chirurgie.

V. Conclusion

Notre étude nous permet donc de conclure à la fiabilité de l'ostéotomie de médialisation selon Myerson pour la prise en charge des patients présentant un pied plat souple avec une dysfonction du tibial postérieur associée. Les scores fonctionnels témoignent de résultats satisfaisants. Les corrections structurales de l'arche médiale sont durables dans le temps

La nouvelle compréhension des mécanismes physiopathologiques du pied nous pousse maintenant vers l'étude des structures ligamentaires médiales à la fois comme élément causal de la déformation mais également comme cible thérapeutique afin d'obtenir le meilleur résultat chirurgical. Il conviendrait également de préciser les indications de l'ostéotomie isolée, en lien avec l'amélioration du diagnostic des lésions du tendon du tibial postérieur à l'IRM.

VI. Annexes

Annexe 1. Score Kitaoka

1) DOULEUR	
Aucune	40 points
Minime, occasionnelle	30 points
Modérée, quotidienne	20 points
Sévère, presque toujours présente	0 point
2) FONCTION	
a) <i>Limitation des activités :</i>	
Pas de limitation	10 points
Pas de limitation des activités quotidiennes, limitation des activités de détente	7 points
Limitation des activités quotidiennes et de détente	4 points
Limitation sévère des activités quotidiennes et de détente avec nécessité d'une aide telles que des cannes, un cadre de marche voire un fauteuil roulant.	0 point
b) <i>Distance maximale de marche</i>	
> 1500 mètres	5 points
Entre 1000 et 1500 mètres	4 points
Entre 500 et 1000 mètres	2 points
< 500 mètres	0 point
c) <i>Surfaces de marche</i>	
Aucune difficulté quelle que soit la surface	5 points
Quelques difficultés sur terrain irrégulier, dans les escaliers, lors de la marche en descente, sur les échelles	3 points
Sévères difficultés sur terrain irrégulier, dans les escaliers, lors de la marche en descente, sur les échelles	0 point
d) <i>Boiterie</i>	
Aucune ou minime	8 points
Evidente	4 points
Marquée	0 point
e) <i>Mobilité dans le plan sagittal (flexion-extension)</i>	
Normal ou limitation minime (30° ou plus)	8 points
Limitation modérée (15°-29°)	4 points
Limitation sévère (< 15°)	0 point
f) <i>Mobilité de l'arrière-pied (inversion-éversion)</i>	
Normal ou limitation minime (75% à 100% de la normale)	6 points
Limitation modérée (25% à 74% de la normale)	3 points
Limitation sévère (< 25% de la normale)	0 point
g) <i>Impression subjective de stabilité de la cheville</i>	
Stable	8 points
Manifestement instable	0 point
3) ALIGNEMENT AVANT/ARRIERE-PIED	
Bon	10 points
Moyen	5 points
Mauvais	0 point

QUESTIONS SPORTIVES.

Répondez à ces questions uniquement si vous pratiquez régulièrement une activité sportive. Si une question ne s'applique pas pour vous, veuillez l'indiquer en cochant la case N/A.

No.	Question	REPONSE
S1 N/A <input type="radio"/>	Pouvez-vous courir?	Impossible 0 1 2 3 4 Aucune limitation
S2 N/A <input type="radio"/>	Pouvez-vous faire du jogging?	Impossible 0 1 2 3 4 Aucune limitation
S3 N/A <input type="radio"/>	Avez- vous des problèmes pour vous réceptionner d'un saut?	Impossible 0 1 2 3 4 Aucune limitation
S4 N/A <input type="radio"/>	Est-ce que vous pouvez pratiquer vos sports avec votre technique habituelle?	Impossible 0 1 2 3 4 Aucune limitation

Vous avez terminé ce questionnaire.

Merci pour votre collaboration.

Annexe 3. Classification du groupe de consensus PCFD

Stage of the deformity		
Stage I (flexible)		Stage II (rigid)
Types of deformity (classes – isolated or combined)		
	Deformity type/location	Consistent clinical/radiographic findings
Class A	Hindfoot valgus deformity	Hindfoot valgus alignment Increased hindfoot moment arm, hindfoot alignment angle, foot and ankle offset
Class B	Midfoot/forefoot abduction deformity	Decreased talar head coverage Increased talonavicular coverage angle Presence of sinus tarsi impingement
Class C	Forefoot varus deformity/medial column instability	Increased talus–first metatarsal angle Plantar gapping first TMT joint/NC joints Clinical forefoot varus
Class D	Peritalar subluxation/dislocation	Significant subtalar joint subluxation/subfibular impingement
Class E	Ankle instability	Valgus tilting of the ankle joint

Abbreviations: NC, naviculocuneiform; TMT, tarsometatarsal.

Annexe 4. Comparaisons détaillées entre valgus calcanéen < 15° ou >= 15°

	<15 n= 32	>=15 n= 6	p.value	test
Age	52.9 (sd=10.3)	52.2 (sd=7)	0.8617	t-test
Sexe féminin	27 (84.4%)	5 (83.3%)	1	Fisher
Sexe masculin	5 (15.6%)	1 (16.7%)		
Tabac non	31 (96.9%)	6 (100%)	1	Fisher
Tabac oui	1 (3.1%)	0 (0%)		
IMC	27.9 (sd=6.6)	27 (sd=3.4)	0.9517	Wilcoxon
Durée suivi mois	16.7 (sd=20.4)	15.3 (sd=7.6)	0.4692	Wilcoxon
Kitaoaka Douleur préop	7.2 (sd=10.2)	10 (sd=11)	0.5364	Wilcoxon
Kitaoaka Fonction préop	36.7 (sd=6.8)	30.7 (sd=8.5)	0.0648	t-test
Kitaoaka Axe préop	4.1 (sd=2)	2.5 (sd=2.7)	0.1089	Wilcoxon
Kitaoaka Total préop	47.2 (sd=16.3)	43.7 (sd=15)	0.7637	Wilcoxon
EFAS préop	11.3 (sd=3.9)	10.5 (sd=3.6)	0.7637	Wilcoxon
Valgus calcanéen préop	11.4 (sd=1.7)	15.8 (sd=1.2)	<0.001	t-test
Talus – M1 préop	171.6 (sd=5.9)	159.4 (sd=2.4)	0.0016	Wilcoxon
IRM préop non	7 (21.9%)	2 (33.3%)	0.6129	Fisher
IRM préop oui	25 (78.1%)	4 (66.7%)		
TP normal non	24 (75%)	3 (50%)	0.3287	Fisher
TP normal oui	8 (25%)	3 (50%)		
TP patho oui	13 (40.6%)	5 (83.3%)	0.0828	Fisher
TP patho non	19 (59.4%)	1 (16.7%)		
TP rompu non	29 (90.6%)	4 (66.7%)	0.169	Fisher
TP rompu oui	3 (9.4%)	2 (33.3%)		
Durée opératoire min	70 (sd=20.3)	67.5 (sd=22.3)	0.8717	Wilcoxon
Translation_mm	8.4 (sd=2)	9.2 (sd=1.3)	0.2685	Wilcoxon
Gastrocnémien non	31 (96.9%)	6 (100%)	1	Fisher
Gastrocnémien oui	1 (3.1%)	0 (0%)		
Synovectomie TP non	29 (90.6%)	6 (100%)	1	Fisher
Synovectomie TP oui	3 (9.4%)	0 (0%)		
Resection nav accessoire non	31 (96.9%)	6 (100%)	1	Fisher
Resection nav accessoire oui	1 (3.1%)	0 (0%)		
TLFO non	16 (50%)	3 (50%)	1	Fisher
TLFO oui	16 (50%)	3 (50%)		
Allongement Achille non	18 (56.2%)	4 (66.7%)	1	Fisher
Allongement Achille oui	14 (43.8%)	2 (33.3%)		
Kitaoaka Douleur postop	34.1 (sd=9.5)	28.3 (sd=7.5)	0.0617	Wilcoxon
Kitaoaka Fonction postop	46.9 (sd=3.3)	43 (sd=7.8)	0.099	Wilcoxon
Kitaoaka Axe postop	5.5 (sd=2)	4.2 (sd=2)	0.1553	Wilcoxon

	<15 n= 32	>=15 n= 6	p.value	test
Kitaoka Total postop	85.3 (sd=12.8)	74.7 (sd=15)	0.0925	Wilcoxon
EFAS postop	20.5 (sd=3.1)	17.9 (sd=3.6)	0.0925	Wilcoxon
Djian post op	128 (sd=4.9)	130.2 (sd=6.9)	0.3789	t-test
Valgus calcanéen post op	7.9 (sd=2.3)	10.2 (sd=4.4)	0.2797	t-test
Talus – M1 post op	173.9 (sd=4.7)	171.4 (sd=5.4)	0.2404	Wilcoxon
Varisation conservée non	5 (15.6%)	1 (16.7%)	1	Fisher
Varisation conservée oui	27 (84.4%)	5 (83.3%)		
Incision safe zone non	11 (34.4%)	0 (0%)	0.1539	Fisher
Incision safe zone oui	21 (65.6%)	6 (100%)		
Douleurs sural non	26 (81.2%)	5 (83.3%)	1	Fisher
Douleurs sural oui	6 (18.8%)	1 (16.7%)		
Djian recueil	127.7 (sd=5.6)	133.4 (sd=7.4)	0.0526	t-test
Valgus calcanéen recueil	8.3 (sd=2.5)	11.2 (sd=4.5)	0.1803	t-test
Talus – M1 recueil	173.7 (sd=5.2)	167.8 (sd=9.8)	0.1814	Wilcoxon

Annexe 5. Comparaisons détaillées entre fixation par plaque ou vis

	Plaque n= 29	Vis n= 9	p.value	test
Age	53.8 (sd=9.3)	49.8 (sd=11.1)	0.2905	t-test
Sexe féminin	23 (79.3%)	9 (100%)	0.3031	Fisher
Sexe masculin	6 (20.7%)	0 (0%)		
Tabac non	29 (100%)	8 (88.9%)	0.2368	Fisher
Tabac oui	0 (0%)	1 (11.1%)		
IMC	28.4 (sd=6.6)	25.6 (sd=4)	0.1153	Wilcoxon
Durée du suivi (mois)	14.4 (sd=9.5)	23.2 (sd=35.6)	0.7172	Wilcoxon
Kitaoaka Douleur préop	8.6 (sd=10.6)	4.4 (sd=8.8)	0.2983	Wilcoxon
Kitaoaka Fonction préop	36.4 (sd=6.1)	33.3 (sd=10.4)	0.2702	t-test
Kitaoaka Axe préop	3.4 (sd=2.4)	5 (sd=0)	0.0623	Wilcoxon
Kitaoaka Total prép	47.9 (sd=15.4)	42.8 (sd=18)	0.3023	Wilcoxon
EFAS préop	11.5 (sd=3.7)	10.3 (sd=4.3)	0.3023	Wilcoxon
Djian préop	133.2 (sd=5.8)	130.9 (sd=4.9)	0.297	t-test
Valgus calcanéen préop	12.1 (sd=2.3)	12 (sd=2.4)	0.8776	t-test
Talus – M1 préop	169.3 (sd=6.8)	171.7 (sd=7.4)	0.2474	Wilcoxon
IRM préop non	5 (17.2%)	4 (44.4%)	0.1736	Fisher
IRM préop oui	24 (82.8%)	5 (55.6%)		
TP normal non	20 (69%)	7 (77.8%)	1	Fisher
TP normal oui	9 (31%)	2 (22.2%)		
TP patho non	14 (48.3%)	4 (44.4%)	1	Fisher
TP patho oui	15 (51.7%)	5 (55.6%)		
TP rompu non	25 (86.2%)	8 (88.9%)	1	Fisher
TP rompu oui	4 (13.8%)	1 (11.1%)		
Durée opératoire min	69.4 (sd=21.2)	70 (sd=18.2)	0.8354	Wilcoxon
Translation mm	8.6 (sd=1.3)	8.3 (sd=3.3)	0.5148	Wilcoxon
Gastrocnémien non	28 (96.6%)	9 (100%)	1	Fisher
Gastrocnémien oui	1 (3.4%)	0 (0%)		
Synovectomie TP non	27 (93.1%)	8 (88.9%)	1	Fisher
Synovectomie TP oui	2 (6.9%)	1 (11.1%)		
Resection naviculaire accessoire non	29 (100%)	8 (88.9%)	0.2368	Fisher
Resection naviculaire accessoire oui	0 (0%)	1 (11.1%)		
Allongement Achille non	15 (51.7%)	7 (77.8%)	0.2537	Fisher
Allongement Achille oui	14 (48.3%)	2 (22.2%)		
Kitaoaka Douleur postop	33.1 (sd=10)	33.3 (sd=7.1)	0.7457	Wilcoxon
Kitaoaka Fonction postop	46.3 (sd=4.6)	46.3 (sd=4.2)	0.4526	Wilcoxon

	Plaque n= 29	Vis n= 9	p.value	test
Kitaoka Axe postop	5.3 (sd=2.3)	5 (sd=0)	0.6452	Wilcoxon
Kitaoka Total postop	83.3 (sd=14.4)	84.9 (sd=10.8)	0.9446	Wilcoxon
EFAS postop	20 (sd=3.5)	20.4 (sd=2.6)	0.9446	Wilcoxon
Djian postop	128.7 (sd=5.4)	127 (sd=4.3)	0.4007	t-test
Valgus calcanéen postop	8.2 (sd=3.1)	8.4 (sd=1.7)	0.8517	t-test
Talus – M1 postop	172.9 (sd=5.1)	175.4 (sd=3.1)	0.1365	Wilcoxon
Varisation conservée non	5 (17.2%)	1 (11.1%)	1	Fisher
Varisation conservée oui	24 (82.8%)	8 (88.9%)		
Incision safe zone non	8 (27.6%)	3 (33.3%)	1	Fisher
Incision safe zone oui	21 (72.4%)	6 (66.7%)		
Douleurs sural non	24 (82.8%)	7 (77.8%)	1	Fisher
Douleurs sural oui	5 (17.2%)	2 (22.2%)		
Djian recueil	129.1 (sd=6.4)	126.6 (sd=4.9)	0.2781	t-test
Valgus calcanéen recueil	8.8 (sd=3.2)	8.4 (sd=2.4)	0.7422	t-test
Talus – M2 recueil	171.9 (sd=6.8)	176.1 (sd=2.5)	0.0449	Wilcoxon
Semelles non	12 (41.4%)	2 (22.2%)	0.4384	Fisher
Semelles oui	17 (58.6%)	7 (77.8%)		

VII. Bibliographie

1. Kodithuwakku Arachchige SNK, Chander H, Knight A. Flatfeet: Biomechanical implications, assessment and management. *The Foot*. 1 mars 2019;38:81-5.
2. Pita-Fernandez S, Gonzalez-Martin C, Alonso-Tajes F, Seoane-Pillado T, Pertega-Diaz S, Perez-Garcia S, et al. Flat Foot in a Random Population and its Impact on Quality of Life and Functionality. *J Clin Diagn Res*. avr 2017;11(4):LC22-7.
3. Toullec E. Le pied plat valgus de l'adulte. In: *Conférences d'enseignement 2014* [Internet]. Elsevier; 2014 [cité 18 févr 2022]. p. 15-25. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9782294745065000023>
4. Niki H, Hirano T, Okada H, Beppu M. Outcome of Medial Displacement Calcaneal Osteotomy for Correction of Adult-Acquired Flatfoot. *Foot Ankle Int*. 1 nov 2012;33(11):940-6.
5. Huang CK, Kitaoka HB, An KN, Chao EYS. Biomechanical Evaluation of Longitudinal Arch Stability. *Foot & Ankle*. juill 1993;14(6):353-7.
6. Crary JL, Hollis JM, Manoli A. The Effect of Plantar Fascia Release on Strain in the Spring and Long Plantar Ligaments. *Foot Ankle Int*. mars 2003;24(3):245-50.
7. Mueller TJ. Acquired flatfoot secondary to tibialis posterior dysfunction: biomechanical aspects. *J Foot Surg*. 1991;30(1):2-11.
8. Imhauser CW, Siegler S, Abidi NA, Frankel DZ. The effect of posterior tibialis tendon dysfunction on the plantar pressure characteristics and the kinematics of the arch and the hindfoot. *Clinical Biomechanics*. févr 2004;19(2):161-9.
9. Mosier SM, Pomeroy G, Manoli A. Pathoanatomy and etiology of posterior tibial tendon dysfunction. *Clin Orthop Relat Res*. août 1999;(365):12-22.
10. Chadwick C, Whitehouse SL, Saxby TS. Long-term follow-up of flexor digitorum longus transfer and calcaneal osteotomy for stage II posterior tibial tendon dysfunction. 2015;97(3).
11. Van Boerum DH, Sangeorzan BJ. Biomechanics and pathophysiology of flat foot. *Foot and Ankle Clinics*. sept 2003;8(3):419-30.
12. Johnsonm K, Stromm D. Tibialis Posterior Tendon Dysfunction. *Clinical Orthopaedics*. 1989;(239):11.
13. Bluman EM, Title CI, Myerson MS. Posterior Tibial Tendon Rupture: A Refined Classification System. *Foot and Ankle Clinics*. juin 2007;12(2):233-49.
14. Myerson MS, Thordarson DB, Johnson JE, Hintermann B, Sangeorzan BJ, Deland JT, et al. Classification and Nomenclature: Progressive Collapsing Foot Deformity. *Foot Ankle Int*. oct 2020;41(10):1271-6.

15. Lee HY, Barbachan Mansur NS, Lalevée M, Dibbern KN, Myerson MS, Ellis SJ, et al. Intra- and Interobserver Reliability of the New Classification System of Progressive Collapsing Foot Deformity. *Foot Ankle Int.* avr 2022;43(4):582-9.
16. A. Gleich. Beitzagzur operativen plattsfussbehandlung. *Arch Klin Chir.* 1893;
17. Koutsogiannis E. Treatment of mobile flat foot by displacement osteotomy of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Br.* févr 1971;53(1):96-100.
18. Myerson MS, Corrigan J, Thompson F, Schon LC. Tendon transfer combined with calcaneal osteotomy for treatment of posterior tibial tendon insufficiency: a radiological investigation. *Foot Ankle Int.* nov 1995;16(11):712-8.
19. Myerson MS, Corrigan J. Treatment of posterior tibial tendon dysfunction with flexor digitorum longus tendon transfer and calcaneal osteotomy. *Orthopedics.* mai 1996;19(5):383-8.
20. C Schon L, de Cesar Netto C, Day J, Deland JT, Hintermann B, Johnson JE, et al. Consensus for the Indication of a Medializing Displacement Calcaneal Osteotomy in the Treatment of Progressive Collapsing Foot Deformity. *Foot Ankle Int.* oct 2020;41(10):1282-5.
21. Sung IH, Lee S, Otis JC, Deland JT. Posterior Tibial Tendon Force Requirement in Early Heel Rise After Calcaneal Osteotomies. *Foot Ankle Int.* sept 2002;23(9):842-9.
22. Fayazi AH, Nguyen HV, Juliano PJ. Intermediate Term Follow-up of Calcaneal Osteotomy and Flexor Digitorum Longus Transfer for Treatment of Posterior Tibial Tendon Dysfunction. *Foot Ankle Int.* déc 2002;23(12):1107-11.
23. Myerson MS, Badekas A, Schon LC. Treatment of stage II posterior tibial tendon deficiency with flexor digitorum longus tendon transfer and calcaneal osteotomy. *Foot Ankle Int.* juill 2004;25(7):445-50.
24. Guyton GP, Jeng C, Krieger LE, Mann RA. Flexor Digitorum Longus Transfer and Medial Displacement Calcaneal Osteotomy for Posterior Tibial Tendon Dysfunction: A Middle-Term Clinical Follow-Up. *Foot Ankle Int.* 1 août 2001;22(8):627-32.
25. Nyska M, Parks BG, Chu IT, Myerson MS. The contribution of the medial calcaneal osteotomy to the correction of flatfoot deformities. *Foot Ankle Int.* avr 2001;22(4):278-82.
26. Madeley NJ, Wing KJ, Topliss C, Penner MJ, Glazebrook MA, Younger AS. Responsiveness and Validity of the SF-36, Ankle Osteoarthritis Scale, AOFAS Ankle Hindfoot Score, and Foot Function Index in End Stage Ankle Arthritis. *Foot Ankle Int.* janv 2012;33(1):57-63.
27. Pinsker E, Inrig T, Daniels TR, Warmington K, Beaton DE. Reliability and Validity of 6 Measures of Pain, Function, and Disability for Ankle Arthroplasty and Arthrodesis. *Foot Ankle Int.* juin 2015;36(6):617-25.

28. Richter M, Agren PH, Besse JL, Cöster M, Kofoed H, Maffulli N, et al. EFAS Score — Multilingual development and validation of a patient-reported outcome measure (PROM) by the score committee of the European Foot and Ankle Society (EFAS). *Foot and Ankle Surgery*. juin 2018;24(3):185-204.
29. Budiman-Mak E, Conrad KJ, Roach KE. The foot function index: A measure of foot pain and disability. *Journal of Clinical Epidemiology*. 1 janv 1991;44(6):561-70.
30. Hale SA, Hertel J. Reliability and Sensitivity of the Foot and Ankle Disability Index in Subjects With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2005;40(1):35-40.
31. Younger AS, Sawatzky B, Dryden P. Radiographic Assessment of Adult Flatfoot. 2005;26(10).
32. Park JH, Park KR, Kim D, Kwon HW, Lee M, Choi YJ, et al. The incision strategy for minimizing sural nerve injury in medial displacement calcaneal osteotomy: a cadaveric study. *J Orthop Surg Res*. 12 nov 2019;14(1):356.
33. Geng X, Xu J, Ma X, Wang X, Huang J, Zhang C, et al. Anatomy of the sural nerve with an emphasis on the incision for medial displacement calcaneal osteotomy. *J Foot Ankle Surg*. juin 2015;54(3):341-4.
34. Talusan PG, Cata E, Tan EW, Parks BG, Guyton GP. Safe Zone for Neural Structures in Medial Displacement Calcaneal Osteotomy: A Cadaveric and Radiographic Investigation. *Foot Ankle Int*. déc 2015;36(12):1493-8.
35. Bruce BG, Bariteau JT, Evangelista PE, Arcuri D, Sandusky M, DiGiovanni CW. The Effect of Medial and Lateral Calcaneal Osteotomies on the Tarsal Tunnel. *Foot Ankle Int*. avr 2014;35(4):383-8.
36. Osbeck I, Cöster M, Montgomery F, Atroshi I. Surgically treated adult acquired flatfoot deformity: Register-based study of patient characteristics, health-related quality of life and type of surgery according to severity. *Foot and Ankle Surgery*. juin 2023;29(4):367-72.
37. Osman AE, El-Gafary KA, Khalifa AA, El-Adly W, Fadle AA, Abubeih H. Medial displacement calcaneal osteotomy versus lateral column lengthening to treat stage II tibialis posterior tendon dysfunction, a prospective randomized controlled study. *Foot (Edinb)*. juin 2021;47:101798.
38. Gutteck N, Zeh A, Wohlrab D, Delank KS. Comparative Results of Percutaneous Calcaneal Osteotomy in Correction of Hindfoot Deformities. *Foot Ankle Int*. mars 2019;40(3):276-81.
39. Usuelli FG, Di Silvestri CA, D'Ambrosi R, Maccario C, Tan EW. Return to sport activities after medial displacement calcaneal osteotomy and flexor digitorum longus transfer. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. mars 2018;26(3):892-6.
40. Chan JY, Williams BR, Nair P, Young E, Sofka C, Deland JT, et al. The contribution of medializing calcaneal osteotomy on hindfoot alignment in the reconstruction of the stage II adult acquired flatfoot deformity. *Foot Ankle Int*. févr 2013;34(2):159-66.

41. Arangio GA, Salathe EP. A biomechanical analysis of posterior tibial tendon dysfunction, medial displacement calcaneal osteotomy and flexor digitorum longus transfer in adult acquired flat foot. *Clinical Biomechanics*. mai 2009;24(4):385-90.
42. Conti MS, Ellis SJ, Chan JY, Do HT, Deland JT. Optimal Position of the Heel Following Reconstruction of the Stage II Adult-Acquired Flatfoot Deformity. *Foot Ankle Int*. août 2015;36(8):919-27.
43. Saltzman CL, El-Khoury GY. The Hindfoot Alignment View. *Foot Ankle Int*. sept 1995;16(9):572-6.
44. Vora AM, Tien TR, Parks BG, Schon LC. Flatfoot Correction With Medializing Calcaneal Osteotomy and Flexor Digitorum Longus Transfer. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. août 2006;88(8):1726-34.
45. Sammarco GJ, Hockenbury RT. Treatment of Stage II Posterior Tibial Tendon Dysfunction with Flexor Hallucis Longus Transfer and Medial Displacement Calcaneal Osteotomy. *Foot Ankle Int*. avr 2001;22(4):305-12.
46. De Cesar Netto C, Myerson MS, Day J, Ellis SJ, Hintermann B, Johnson JE, et al. Consensus for the Use of Weightbearing CT in the Assessment of Progressive Collapsing Foot Deformity. *Foot Ankle Int*. oct 2020;41(10):1277-82.
47. Burssens A, Barg A, van Ovost E, Van Oevelen A, Leenders T, Peiffer M, et al. The hind- and midfoot alignment computed after a medializing calcaneal osteotomy using a 3D weightbearing CT. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. août 2019;14(8):1439-47.
48. Funk DA, Cass JR, Johnson KA. Acquired adult flat foot secondary to posterior tibial-tendon pathology. *J Bone Joint Surg Am*. janv 1986;68(1):95-102.
49. Myerson MS, Corrigan J, Thompson F, Schon LC. Tendon Transfer Combined with Calcaneal Osteotomy for Treatment of Posterior Tibial Tendon Insufficiency: A Radiological Investigation. *Foot Ankle Int*. nov 1995;16(11):712-8.
50. Saraiva D, Knupp M, Rodrigues AS, Tulha J, Gomes TM, Oliva XM, et al. Outcomes of Combined Posterior Tibial Tendon Tendoscopy and Medializing Calcaneal Osteotomy for Stage IA Progressive Collapsing Foot Deformity. *Foot Ankle Int*. juill 2023;44(7):629-36.
51. Gianakos AL, Ross KA, Hannon CP, Duke GL, Prado MP, Kennedy JG. Functional Outcomes of Tibialis Posterior Tendoscopy With Comparison to Magnetic Resonance Imaging. *Foot Ankle Int*. juill 2015;36(7):812-9.
52. Bernasconi A, Sadile F, Welck M, Mehdi N, Laborde J, Lintz F. Role of Tendoscopy in Treating Stage II Posterior Tibial Tendon Dysfunction. *Foot Ankle Int*. avr 2018;39(4):433-42.
53. Pasapula C, Devany A, Fischer NC, Wijdicks CA, Hübner T, Reifensneider F, et al. The resistance to failure of spring ligament reconstruction. *The Foot*. déc 2017;33:29-34.

54. Thordarson DB, Schmotzer H, Chon J. Reconstruction with tenodesis in an adult flatfoot model. A biomechanical evaluation of four methods. *J Bone Joint Surg Am.* oct 1995;77(10):1557-64.
55. Williams BR, Ellis SJ, Deyer TW, Pavlov H, Deland JT. Reconstruction of the Spring Ligament Using a Peroneus Longus Autograft Tendon Transfer. *Foot Ankle Int.* juill 2010;31(7):567-77.
56. Grunfeld R, Oh I, Flemister S, Ketz J. Reconstruction of the Deltoid-Spring Ligament: Tibiocalcaneonavicular Ligament Complex. *Techniques in Foot & Ankle Surgery.* mars 2016;15(1):39.
57. Evans D. Calcaneo-valgus deformity. *J Bone Joint Surg Br.* août 1975;57(3):270-8.
58. Saunders SM, Ellis SJ, Demetracopoulos CA, Marinescu A, Burkett J, Deland JT. Comparative Outcomes Between Step-Cut Lengthening Calcaneal Osteotomy vs Traditional Evans Osteotomy for Stage IIB Adult-Acquired Flatfoot Deformity. *Foot Ankle Int.* janv 2018;39(1):18-27.
59. Colo' G, Mazzola MA, Pilone G, Dagnino G, Felli L. Lateral open wedge calcaneus osteotomy with bony allograft augmentation in adult acquired flatfoot deformity. Clinical and radiological results. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* oct 2021;31(7):1395-402.
60. Siddiqui NA, Lamm BM. Digital Planning for Foot and Ankle Deformity Correction: Evans Osteotomy. *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* nov 2014;53(6):700-5.
61. Kou JX, Balasubramaniam M, Kippe M, Fortin PT. Functional Results of Posterior Tibial Tendon Reconstruction, Calcaneal Osteotomy, and Gastrocnemius Recession. *Foot Ankle Int.* juill 2012;33(7):602-11.
62. Basoni Y, El-Ganainy AR, El-Hawary A. Double calcaneal osteotomy and percutaneous tenoplasty for adequate arch restoration in adult flexible flat foot. *Int Orthop.* janv 2011;35(1):47-51.
63. Bernasconi A, Lintz F, Sadile F. The role of arthroereisis of the subtalar joint for flatfoot in children and adults. *EFORT Open Rev.* 8 nov 2017;2(11):438-46.
64. Irgit KS, Katsarov AZ. Flexible Progressive Collapsing Foot Deformity. *Foot and Ankle Clinics.* sept 2021;26(3):539-58.
65. Ozan F, Doğar F, Gençer K, Koyuncu Ş, Vatanserver F, Duygulu F, et al. Symptomatic flexible flatfoot in adults: subtalar arthroereisis. *Ther Clin Risk Manag.* 16 oct 2015;11:1597-602.
66. Zhu Y, Xu XY. Treatment of Stage II Adult Acquired Flatfoot Deformity With Subtalar Arthroereises. *Foot Ankle Spec.* juin 2015;8(3):194-202.

67. Shah NS, Needleman RL, Bokhari O, Buzas D. 2013 Subtalar Arthroereisis Survey: The Current Practice Patterns of Members of the AOFAS. *Foot Ankle Spec.* juin 2015;8(3):180-5.
68. Madeley NJ, Senthil Kumar C, Alenezi A. Complications of Calcaneal Osteotomy: Are They Equal Between Different Osteotomy Types? *Foot Ankle Orthop.* janv 2022;7(1):2473011421S00332.
69. Ruffilli A, Traina F, Giannini S, Buda R, Perna F, Faldini C. Surgical treatment of stage II posterior tibialis tendon dysfunction: ten-year clinical and radiographic results. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* janv 2018;28(1):139-45.
70. Goldner JL, Keats PK, Bassett FH, Clippinger FW. Progressive talipes equinovagum due to trauma or degeneration of the posterior tibial tendon and medial plantar ligaments. *Orthop Clin North Am.* janv 1974;5(1):39-51.
71. Kitaoka HB, Patzer GL. Subtalar arthrodesis for posterior tibial tendon dysfunction and pes planus. *Clin Orthop Relat Res.* déc 1997;(345):187-94.
72. Ivanic GM, Hofstaetter SG, Trnka HJ. [The acquired flatfoot: mid-term results of the medial displacement calcaneal-osteotomy with flexor digitorum longus transfer]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* déc 2006;144(6):619-25.
73. González-Martín D, Herrera-Pérez M, Ojeda-Jiménez J, Rendón-Díaz D, Valderrabano V, Pais-Brito JL. « Safe incision » in calcaneal sliding osteotomies reduces the incidence of sural nerve injury. *Int Orthop.* sept 2021;45(9):2245-50.
74. Veljkovic A, Symes M, Younger A, Rungprai C, Abbas KZ, Salat P, et al. Neurovascular and Clinical Outcomes of the Percutaneous Endoscopically Assisted Calcaneal Osteotomy (PECO) Technique to Correct Hindfoot Malalignment. *Foot Ankle Int.* févr 2019;40(2):178-84.
75. Waizy H, Jowett C, Andric V. Minimally invasive versus open calcaneal osteotomies - Comparing the intraoperative parameters. *Foot (Edinb).* déc 2018;37:113-8.
76. Kendal AR, Khalid A, Ball T, Rogers M, Cooke P, Sharp R. Complications of minimally invasive calcaneal osteotomy versus open osteotomy. *Foot Ankle Int.* juin 2015;36(6):685-90.
77. Tang JB, Tonkin M, Boeckstyns M, Hooper G. The minimum length of follow-up in hand surgery reports. *J Hand Surg Eur Vol.* mars 2019;44(3):330-1.

AUTEUR : Nom : Farge

Prénom : Julien

Date de soutenance : 16/10/2023

Titre de la thèse : Résultats à long terme des ostéotomies de médialisation calcanéennes dans la prise en charge du pied plat valgus souple de l'adulte

Thèse - Médecine - Lille 2023

Cadre de classement : *Chirurgie*

DES + FST/option : *Orthopédie Traumatologie*

Mots-clés : **pied plat ; ostéotomie ; calcaneus ; transfert tendineux**

Résumé :

Introduction : Nous rapportons les résultats cliniques et radiographiques à long terme d'une série de patients opérés d'une ostéotomie de médialisation calcanéenne avec transfert du long fléchisseur des orteils (intervention de Myerson) dans la prise en charge chirurgicale du pied plat valgus de l'adulte.

Matériel et méthode : Il s'agit d'une étude rétrospective, monocentrique comportant 38 cas. Le recul moyen est de 7 ans. Tous les patients étaient éligibles à une intervention de Myerson. Elle était réalisée après échec de traitement médical bien conduit. L'évaluation repose sur l'examen clinique post opératoire et l'analyse de paramètres radiographiques pré et post opératoires. Les scores fonctionnels Kitaoka et EFAS ont été recueillis en pré et post opératoire.

Résultats : Il existe une amélioration des scores cliniques durable dans le temps. Le score Kitaoka variait de 46.68 en pré opératoire à 83.66 en post opératoire ($p < 0.001$). Le score EFAS variait de 11.2 en pré opératoire à 20.08 en post opératoire ($p < 0.001$).

Il existe une amélioration significative des paramètres radiographiques étudiés : valgus calcanéen, angle talus – M1 de profil, angle de Djan. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les mesures au dernier recul post opératoire et celles effectuées lors de la consultation de recueil.

Aucune reprise chirurgicale n'a été nécessaire à ce jour pour une dégradation secondaire du pied.

Conclusion : Nous confirmons l'efficacité de l'intervention de Myerson pour la correction à long terme des pieds plats valgus souples. Les résultats cliniques sont satisfaisants à long terme. Les corrections structurales de l'arche médiale sont durables dans le temps

Composition du Jury :

Président : Pr Carlos MAYNOU

Asseseurs : Dr Raphaël Coursier

Dr Valentin RODRIGUES

Dr Thomas AMOUYEL (DT)