

Université de Poitiers

Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2017

Thèse n°

THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE
(décret du 16 janvier 2004)

présentée et soutenue publiquement
le 16 juin 2017 à Poitiers
par **Monsieur Guillaume Roth**
né le 10 août 1988 à Levallois-Perret

Thalamoplastie, technique percutanée de réduction et
de stabilisation par cimentoplastie des fractures
thalamiques du calcaneus

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur Louis-Etienne Gayet

Membres Monsieur le Professeur Pierre Pries
Monsieur le Professeur Philippe Rigoard

Directeur de thèse : Docteur Tanguy Vendeuvre

Université de Poitiers

Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2017

Thèse n°

THESE

**POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE
(décret du 16 janvier 2004)**

présentée et soutenue publiquement
le 16 juin 2017 à Poitiers
par **Monsieur Guillaume Roth**
né le 10 août 1988 à Levallois-Perret

Thalamoplastie, technique percutanée de réduction et
de stabilisation par cimentoplastie des fractures
thalamiques du calcaneus

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur Louis-Etienne Gayet

Membres Monsieur le Professeur Pierre Pries
Monsieur le Professeur Philippe Rigoard

Directeur de thèse : Docteur Tanguy Vendeuvre



Le Doyen,

Année universitaire 2016 - 2017

LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie (**surnombre jusqu'en 08/2018**)
- ALLAL Joseph, thérapeutique
- BATAILLE Benoît, neurochirurgie
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie – virologie
- CARRETIER Michel, chirurgie générale
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie – réanimation
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DROUOT Xavier, physiologie
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GAYET Louis-Etienne, chirurgie orthopédique et traumatologique
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (**surnombre jusqu'en 08/2019**)
- GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HADJADJ Samy, endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- HERPIN Daniel, cardiologie
- HOUETO Jean-Luc, neurologie
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique t cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (**en détachement**)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (**surnombre jusqu'en 08/2018**)
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie générale
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques (**surnombre jusqu'en 08/2018**)
- MACCHI Laurent, hématologie
- MARECHAUD Richard, médecine interne
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (**surnombre jusqu'en 08/2017**)
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MIGEOT Virginie, santé publique
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, anesthésiologie – réanimation
- NEAU Jean-Philippe, neurologie
- ORIOT Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie
- PERAULT Marie-Christine, pharmacologie clinique
- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
- PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOARD Philippe, neurochirurgie
- ROBERT René, réanimation
- ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLOT Pascal, médecine interne
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (**surnombre jusqu'en 08/2017**)
- SILVAIN Christine, hépato-gastro- entérologie
- SOLAU-GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie
- THILLE Arnaud, réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- TOURANI Jean-Marc, cancérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie

Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY-LLATY Marion, santé publique
- BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie – virologie
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail
- BILAN Frédéric, génétique
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- CASTEL Olivier, bactériologie - virologie – hygiène
- CREMNITER Julie, bactériologie – virologie
- DIAZ Véronique, physiologie
- FAVREAU Frédéric, biochimie et biologie moléculaire
- FEIGERLOVA Eva, endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
- FRASCA Denis, anesthésiologie – réanimation
- FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
- HURET Jean-Loup, génétique
- LAFAY Claire, pharmacologie clinique
- PERRAUD Estelle, parasitologie et mycologie
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- SAPANET Michel, médecine légale
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités de médecine générale

- BINDER Philippe
- GOMES DA CUNHA José

Maître de conférences des universités de médecine générale

- BOUSSAGEON Rémy

Professeur associé des disciplines médicales

- ROULLET Bernard, radiothérapie

Professeurs associés de médecine générale

- BIRAULT François
- VALETTE Thierry

Maîtres de Conférences associés de médecine générale

- AUDIER Pascal
- ARCHAMBAULT Pierrick
- BRABANT Yann
- FRECHE Bernard
- GIRARDEAU Stéphane
- GRANDCOLIN Stéphanie
- PARTHENAY Pascal
- VICTOR-CHAPLET Valérie

Enseignants d'Anglais

- DEBAIL Didier, professeur certifié
- DHAR Pujasree, maître de langue étrangère
- ELLIOTT Margaret, contractuelle enseignante

Professeurs émérites

- EUGENE Michel, physiologie (08/2019)
- GIL Roger, neurologie (08/2017)
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (08/2017)
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (08/2017)
- POURRAT Olivier, médecine interne (08/2018)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2018)

Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires

- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, oncologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- MAGNIN Guillaume, gynécologie-obstétrique (ex-émérite)
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- VANDERMARCQ Guy, radiologie et imagerie médicale

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Louis-Etienne Gayet, pour sa patience et son soutien tout au long de mon internat

A Monsieur le Professeur Pierre Pries, vos enseignements et votre ouverture d'esprit me guideront toujours dans ma pratique

A Monsieur le Professeur Philippe Rigoard, pour ton énergie et ton dynamisme qui continuent de me faire avancer

A Monsieur le Docteur Tanguy Vendevre, pour nous pousser à toujours donner le meilleur de nous même

Je tiens également à remercier ceux qui ont participé à ma formation :

A M. le Professeur Molé et M. le Professeur Sirvaux, pour m'avoir donné la passion pour la chirurgie orthopédique

A M. le Docteur Hajj Chahine, pour m'avoir soutenu lors de mes premières armes

A M. le Professeur Bataille, M. le Docteur D'Houteaux, M. le Docteur Delmotte, M. le Docteur Cam et M. le Docteur Saget, pour m'avoir initié à la chirurgie du rachis

A M. le Professeur Beya, M. le Docteur Nebout et M. le Docteur Dos Remedios, pour leur accueil au début de mon parcours d'interne en orthopédie

A M. le Docteur Merienne et M. le Docteur Lombard, qui
m'ont confirmé dans mes choix de
spécialisation

A Monsieur le Docteur Simon Teyssédou, merci pour
tes enseignements, tes conseils et ton
accessibilité

A M. le Docteur Hamcha, pour sa rigueur qui me sert
d'exemple

A M. le Professeur Hamel et M. le Docteur Geffroy, qui
m'ont permis de découvrir des facettes
inconnues de l'orthopédie

A M. le Docteur Smirnoff, pour m'avoir enseigné les
valeurs d'un bon chirurgien et d'un bon
médecin

A M. le Docteur Lefant, pour ton amitié et ta confiance

A M. le Docteur Brèque, pour son aide tout au long de
ces années d'écriture

A mes Amis

Aux différents co-internes des stages d'internat et
particulièrement mes amis rencontrés
par la passion commune de l'orthopédie

A mes amis rencontrés à Poitiers, qui m'ont rendu la vie
plus belle dans le Poitou

A mes amis de toujours, éparpillés en France,
Vétérinaires et Médecins, que nous ne
perdions jamais le contact malgré la
distance

Aux ambassadeurs de 2018, qui sont et seront toujours
mes amis, chers à mon cœur

A ma famille

A mon parrain et à sa famille, qui m'ont toujours aidé et
appuyé dans mes choix

A mes parents, pour leur amour et leur soutien
inconditionnel qui m'ont permis d'arriver
jusqu'ici

A ma sœur et mon frère, qui me rendent fier et qui
s'apprêtent à suivre un chemin qui nous
est commun

**A Aude, que j'aime plus que tout au monde et qui
me donne envie d'être chaque jour meilleur**

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	5
I. INTRODUCTION.....	10
II. MATERIEL & METHODES.....	13
II. A. Population étudiée	13
II. B. Protocole opératoire.....	15
II. C. Données collectées	20
III. RESULTATS	22
IV. DISCUSSION.....	26
V. CONCLUSION.....	28
BIBLIOGRAPHIE	29
RÉSUMÉ	33
ARTICLE EN ANGLAIS	34
SERMENT.....	43

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Chaussure de décharge	11
Figure 2. Classification de Sanders.....	13
Figure 3. Répartition des patients selon la classification de Sanders	14
Figure 4. Installation du patient.....	15
Figure 5. Séquence de mise en place de la canule.....	17
Figure 6. Positionnement du ballonnet sur les clichés de face en fluoroscopie	19
Figure 7. Dilatation du ballonnet.....	19
Figure 8. Radiographie préopératoire et postopératoire	19
Figure 9. Mesure de l'angle de Böhler	20
Figure 10. Résultats score AOFAS	22
Figure 11. Angle de Böhler pré et postopératoire	23
Figure 12. Radiographies et scanner d'un cas	24

I. INTRODUCTION

Le calcanéus ou os du talon, le plus grand des os du tarse, supporte la majorité du poids du corps. Il s'articule avec le cuboïde en antérieur et le talus en proximal. Il s'agit de l'os le plus fréquemment touché lors des fractures du tarse. Les fractures du calcanéus représentent jusqu'à 2% de l'ensemble des fractures du corps [1]. Elles sont principalement secondaires à des traumatismes à haute énergie et touchent donc des sujets jeunes et actifs. Elles entraînent une douleur au talon, particulièrement à la palpation, un œdème, un érythème et un hématome qui conduisent à une impotence fonctionnelle. La radiographie standard permet de poser le diagnostic et comprend des vues de face, profil, en flexion dorsale et rotation interne. Dans un second temps le scanner caractérise plus précisément la fracture grâce aux coupes axiales, sagittales et frontales.

Parmi les fractures du calcanéus on distingue les fractures thalamiques et extra thalamiques. Les fractures thalamiques sont les plus fréquentes et impliquent la facette postérieure articulaire du calcanéus ou facette thalamique. Ces fractures, notamment en raison de leur caractère articulaire, restent un défi pour le thérapeute.

La prise en charge des fractures du calcanéus peut se faire selon trois différentes modalités. Le traitement peut être fonctionnel, orthopédique et chirurgical. Le traitement fonctionnel correspond à des séances de rééducation d'emblée, associées à des appareillages permettant d'éviter la charge au niveau du calcanéus (Fig. 1). Le traitement orthopédique correspond à une immobilisation par contention plâtrée, strictement sans appui.



Figure 1 : Chaussure de décharge

Le traitement chirurgical offre un vaste panel de possibilités : de l'ostéosynthèse à foyer ouvert, nécessitant de larges incisions cutanées, aux traitements à foyer fermé qui limitent le traumatisme opératoire. Le premier objectif est d'obtenir une réduction ce qui consiste à remettre en place par manipulation les fragments osseux fracturés. Cette réduction stable et anatomique permet une rééducation précoce et prévient l'apparition d'une arthrose subtalaire. L'ostéosynthèse à foyer ouvert par plaque et vis reste le traitement chirurgical de référence malgré de nombreuses complications postopératoires majoritairement cutanées et infectieuses [2-4]. Cependant aucune étude n'a permis démontrer la supériorité d'une technique par rapport aux autres [5-22].

La thalamoplastie est le traitement de l'enfoncement thalamique du calcanéus par cyphoplastie et plusieurs équipes ont présenté leurs techniques et leurs premiers résultats favorables [26-31]. La cyphoplastie, technique développée par Reiley en 1998 puis reprise par Belkoff en 2001, est dérivée de la vertébroplastie conçue par Galibert et Deramond en France en 1984 [23]. Son but est de corriger l'impaction traumatique par l'action conjointe d'une installation adaptée sur table opératoire et de l'utilisation d'un ballonnet. L'injection de ciment permet ensuite de stabiliser la réduction [24-25].

La thalamoplastie est une méthode techniquement simple et reproductible permettant une bonne réduction du foyer de fracture tout en minimisant le traumatisme des tissus mous. L'objectif principal de notre étude est l'évaluation des résultats cliniques de la thalamoplastie dans le traitement des fractures thalamiques du calcanéus. Nous utilisons le score de l'American Foot and Ankle Society (score AOFAS) afin d'évaluer le résultat fonctionnel de nos patients. Secondairement, nous étudions le volume de ciment utilisé (le polyméthyl méthacrylate ou PMMA), son positionnement et son influence sur la stabilité de la réduction dans le temps.

II. MATERIEL ET METHODE

II.A Population étudiée

Dans cette étude prospective, nous avons suivi depuis septembre 2011 tous les patients se présentant pour une fracture thalamique du calcanéus au Centre Hospitalier Universitaire de Poitiers. Tous les patients présentant une fracture du calcanéus diagnostiquée après radiographie ont eu une imagerie complémentaire par tomodensitométrie (TDM) permettant la classification selon Sanders (Fig. 2) [32-33].

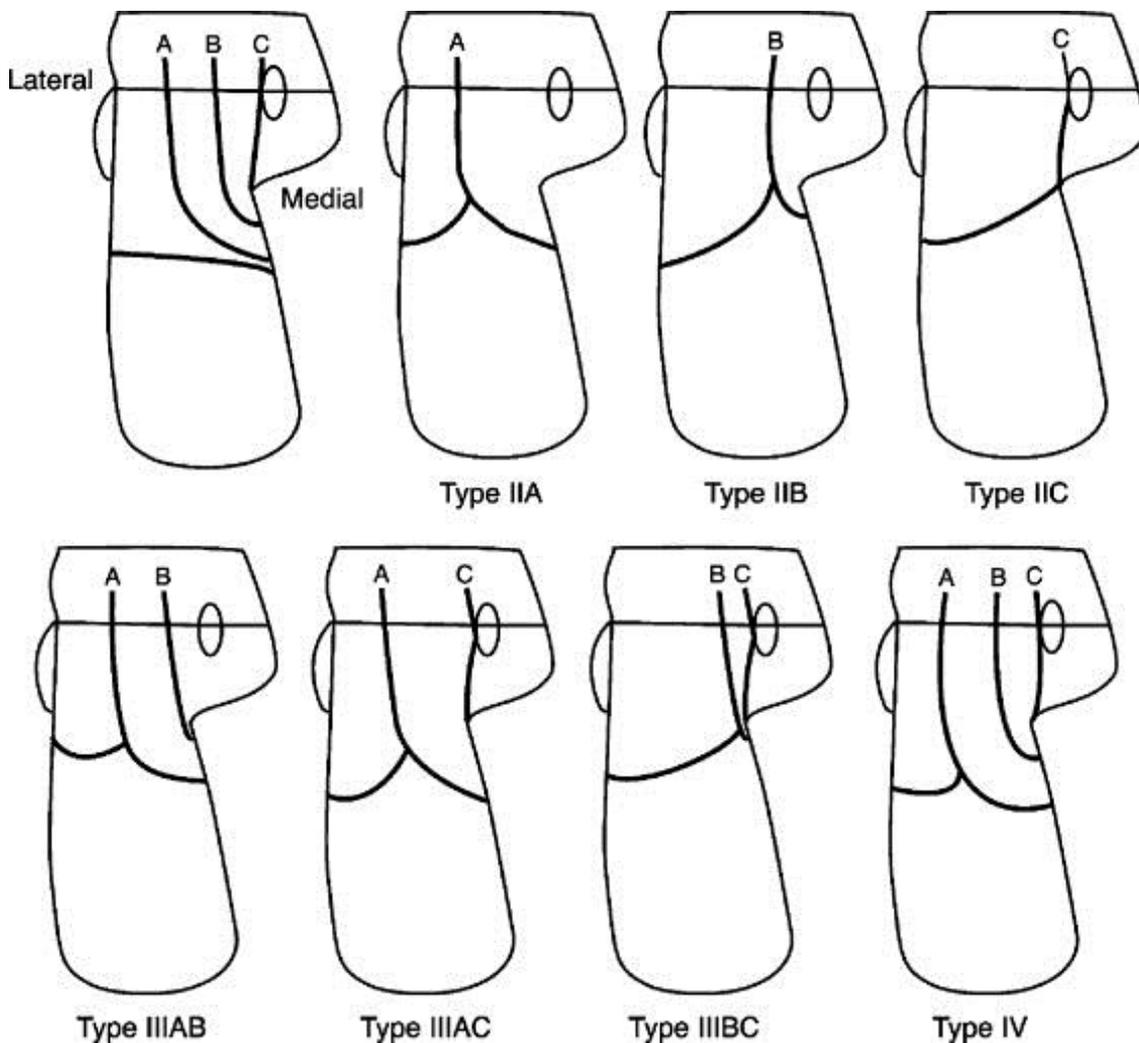


Figure 2 : Classification de Sanders

En cas de fracture articulaire avec un déplacement supérieur à 2 mm, une intervention chirurgicale selon la technique de la thalamoplastie était proposée au patient. Après information claire, loyale et appropriée et obtention de leur accord, ces patients ont été inclus dans l'étude qui a été approuvée par le comité d'éthique local.

Nous avons inclus 28 patients depuis septembre 2011, répartis en 21 hommes et 7 femmes, 23 calcanéus gauches et 5 droits. La moyenne d'âge est de 44,89 ans \pm 14,32 (19 à 80 ans). Les patients étaient majoritairement des travailleurs de force et dans 5 cas le traumatisme a eu lieu dans le cadre d'un accident du travail.

Selon la classification de Sanders, les fractures stade II A étaient les plus représentées avec 8 patients (Fig. 2). Nous avons retrouvé 4 stade IIB, 4 stade IIC, 6 stade III AC et 5 stade IIIAB, un seul stade IV et aucun stade IIIBC.

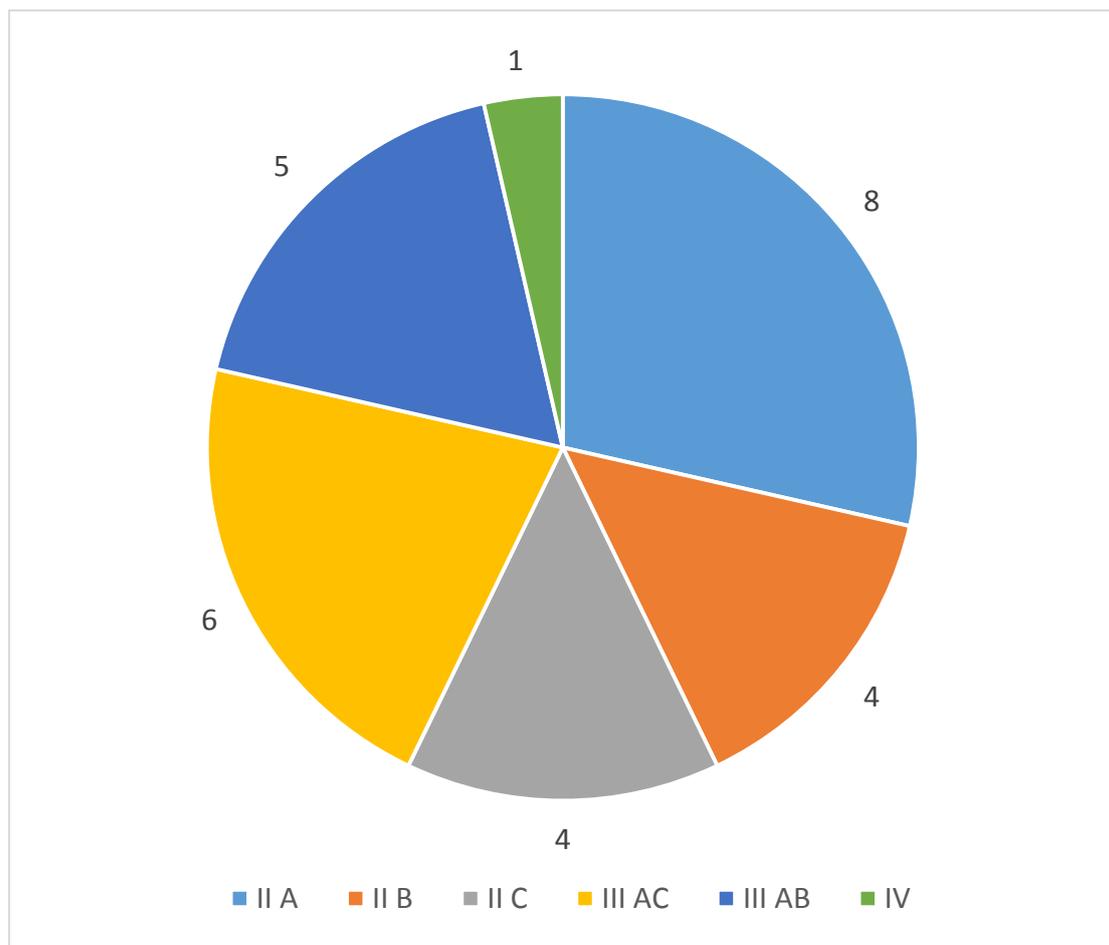


Figure 3 : Répartition des patients selon la classification de Sanders

II.B Protocole opératoire

Le patient était installé en décubitus dorsal sur table orthopédique. Une broche de traction était alors introduite dans la tubérosité du calcaneus, perpendiculairement à celle-ci (Fig. 3). La traction participait, si besoin, à réduire le déplacement du calcaneus et permettait de distraire les articulations de l'arrière pied.



Figure 4: Installation du patient

Un amplificateur de brillance (ou fluoroscopie) était positionné de façon à obtenir une face et un profil permettant l'évaluation des angles de Böhler et Gissane en temps réel.

Le matériel nécessaire comprenait un kit de cyphoplastie Kyphon Expander II® Medtronic contenant un ballonnet de 20 cc et du ciment PMMA. Le PMMA est un thermoplastique transparent, polymère synthétique de méthacrylate de méthyl.

L'abord était percutané, par voie latérale externe directe. Le point d'entrée était planifié en préopératoire sur les résultats du TDM et réévalué en fonction de la fluoroscopie au cours de l'intervention. L'objectif était d'introduire la canule de travail puis le ballonnet en subthalamique, à 5-6 mm sous le fragment enfoncé, sous les ligaments fibulaires (Fig. 4).

Un cliché de face était nécessaire pour s'assurer du bon positionnement dans le plan frontal des marqueurs radio-opaques situés de part et d'autre du ballonnet (Fig. 5 et 6). Le ballonnet était dilaté jusqu'à obtention d'une réduction satisfaisante (jusqu'à 300 psi, soit 20 bars). La réduction était obtenue par le ligamentotaxis et par l'utilisation du ballonnet de cyphoplastie. On procédait ensuite à l'ablation du ballonnet avant d'introduire le ciment (Fig. 7). Après le retrait de la canule de travail, l'incision cutanée était fermée par un point simple.

Dans les suites, seule une chaussure de décharge de l'arrière pied était prescrite pour une durée de 6 semaines, permettant la marche. Durant cette période était associée une prévention de la maladie thromboembolique. La reprise de la marche en appui complet a toujours été autorisée à 6 semaines [34].

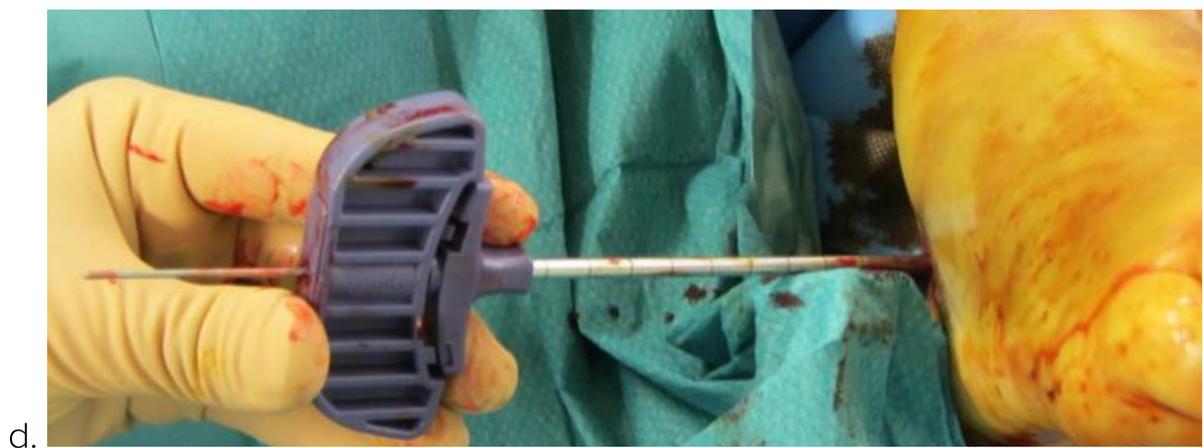
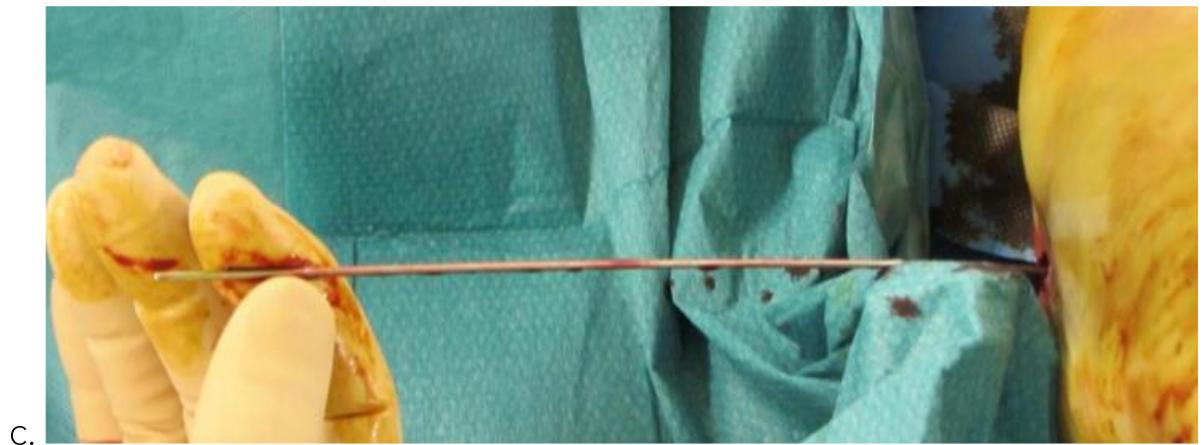
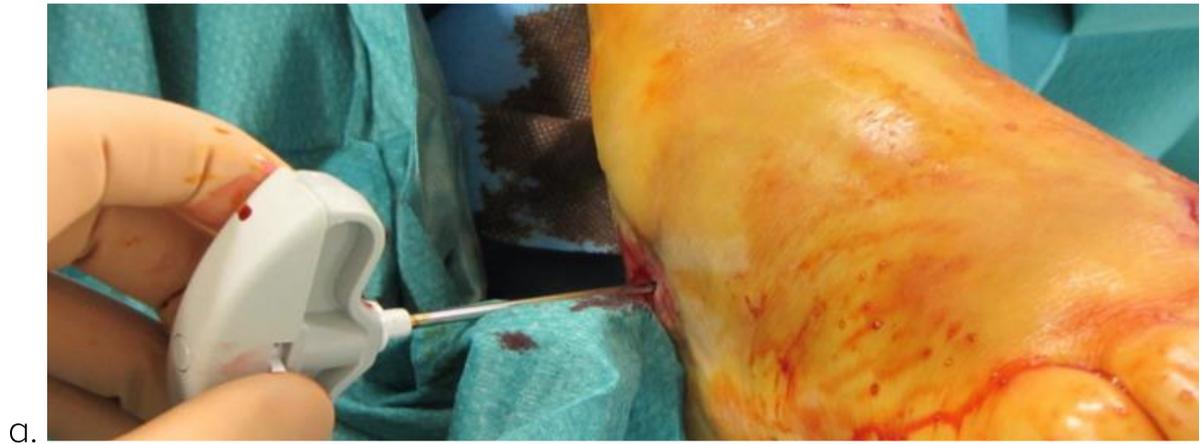




Figure 5 : Séquence de mise en place de la canule de travail : a. trocart, b. broche guide, c. retrait du trocart, d. canule et dilatateur, e. canule seule, f. avec ballonnet

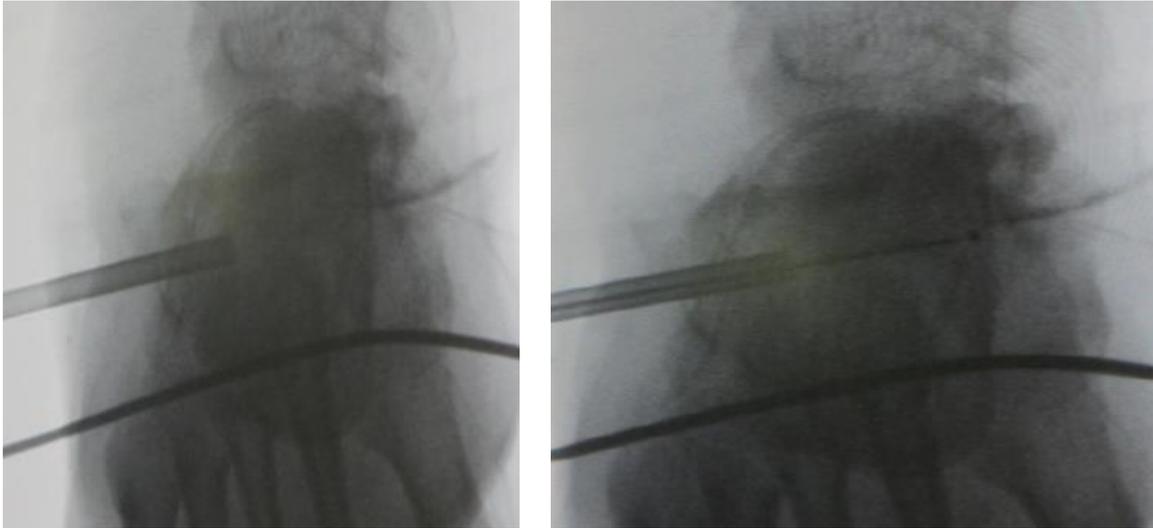


Figure 6 : Positionnement du ballonnet sur les clichés de face en fluoroscopie

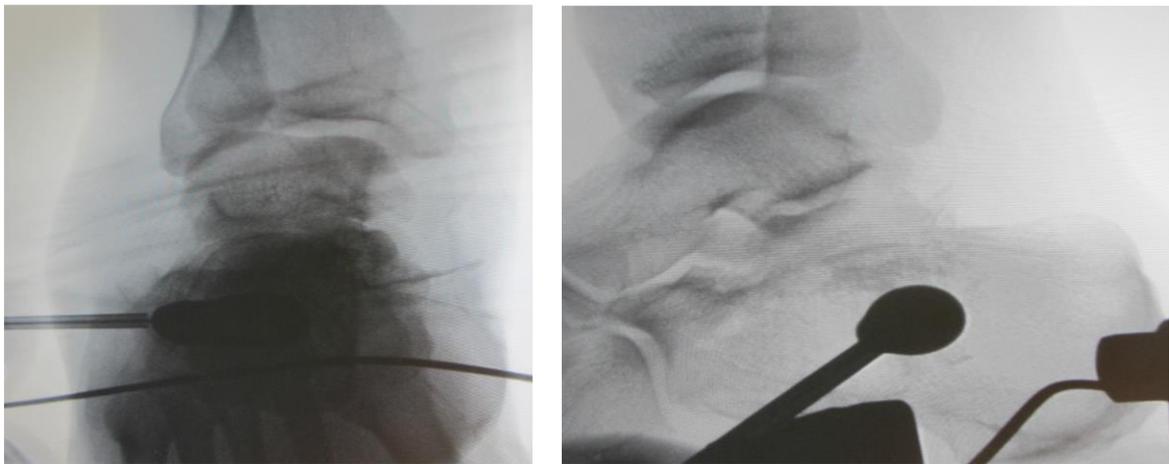


Figure 7 : Dilatation du ballonnet

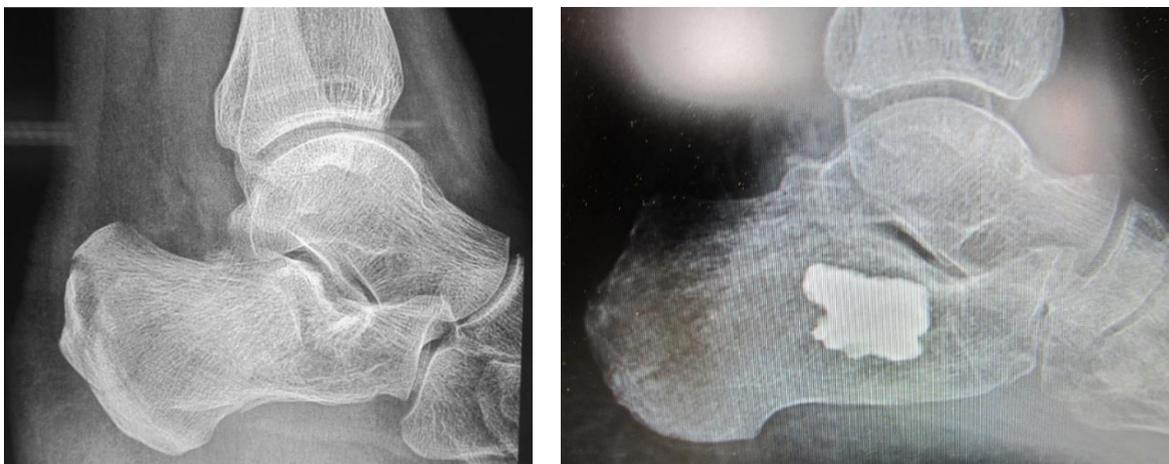


Figure 8 : Radiographie pré et postopératoire

II.C Données collectées

Tous les patients sont évalués lors de la prise en charge puis revus en consultation de contrôle à 6 semaines, 3 mois et 6 mois. En préopératoire, nous avons recueilli les caractéristiques générales des patients : âge, sexe, profession, côté fracturé et date du traumatisme. L'évaluation morphologique était réalisée par des clichés radiographiques et par TDM, permettant la mesure de l'angle de Böhler et la classification selon Sanders (Fig. 8 et 9).

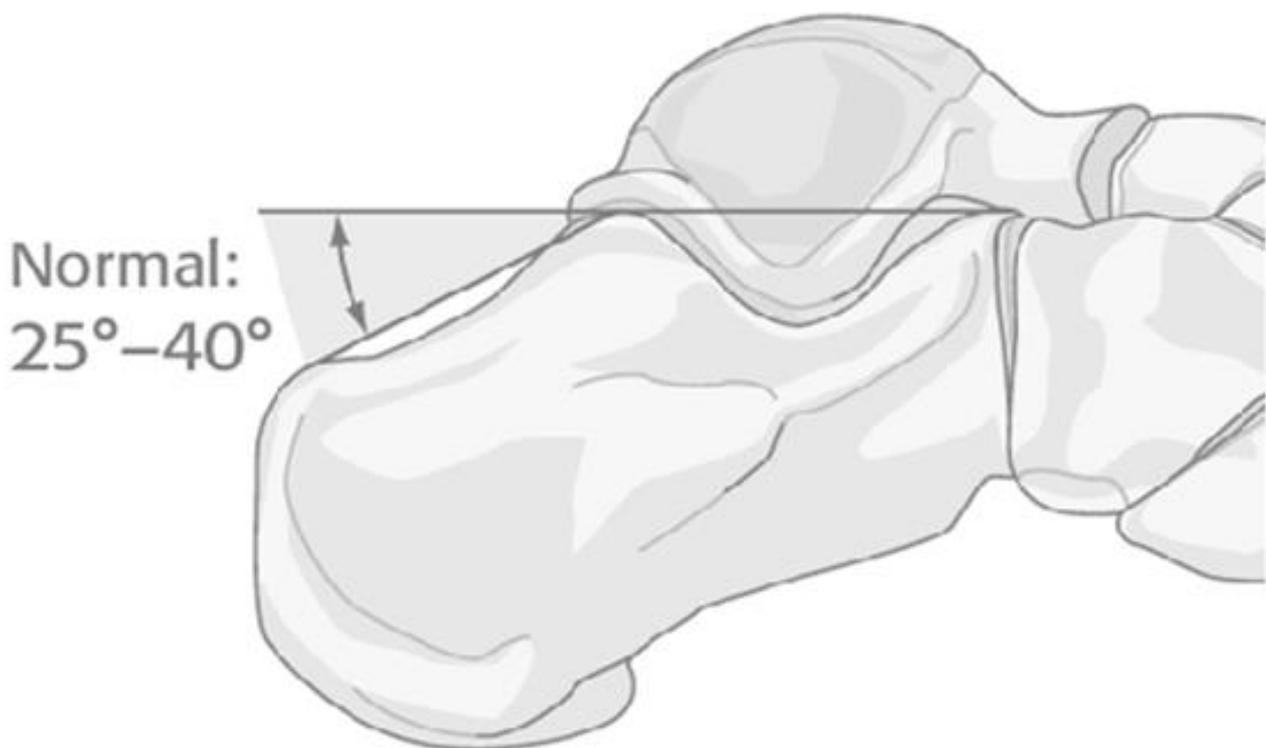


Figure 9 : Mesure de l'angle de Böhler

En postopératoire, nous avons étudié le délai avant chirurgie, la durée d'hospitalisation et la douleur, évaluée par l'Echelle Visuelle Analogique (EVA). La douleur résiduelle était mesurée à 6 mois. D'un point de vue morphologique, nous avons observé l'angle de Böhler en utilisant les clichés radiographiques à tous les temps de l'étude. La quantité de ciment injectée et son positionnement étaient mesurés via le programme OSIRIX© par la technique de segmentation selon des régions d'intérêt (Region Of Interest ou ROI) sur le TDM de contrôle réalisé à 3 mois.

L'évaluation fonctionnelle avec le score AOFAS se faisait lors du dernier contrôle à 6 mois (Fig. 9) [35]. Si le score fonctionnel était excellent (≥ 90), bon (≥ 80) ou moyen (≥ 70) et associé à une amélioration de l'angle de Böhler, le résultat était considéré comme favorable. Un score fonctionnel mauvais (< 70) ou une absence d'amélioration de l'angle de Böhler au dernier contrôle correspondaient systématiquement à un résultat défavorable. Les statistiques ont été réalisées en utilisant le test de Wilcoxon-Mann-Whitney.

III. RESULTATS

L'angle de Böhler préopératoire était en moyenne de $1,11^{\circ} \pm 10,24$ (-24 à 25°). Le délai de prise en charge préopératoire était en moyenne de 2,8 jours \pm 3,67 (1 à 20 jours). La durée moyenne d'hospitalisation était de 5,36 jours \pm 3,46 (2 à 14 jours). La douleur résiduelle était faible, avec une moyenne de $1,04 \pm 1,54$ (0 à 4) sur l'EVA. Le score AOFAS moyen était de $78,64 \pm 18,2$ (37 à 100). On retrouvait un score fonctionnel excellent chez 12 patients, bon chez 4 patients, 5 patients présentaient un score fonctionnel moyen et 7 patients présentaient un score fonctionnel mauvais (Fig. 10).

<u>Score AOFAS</u>	<u>Résultat fonctionnel</u>	<u>Population</u>
≥ 90	Excellent	12
≥ 80	Bon	4
≥ 70	Moyen	5
< 70	Mauvais	7

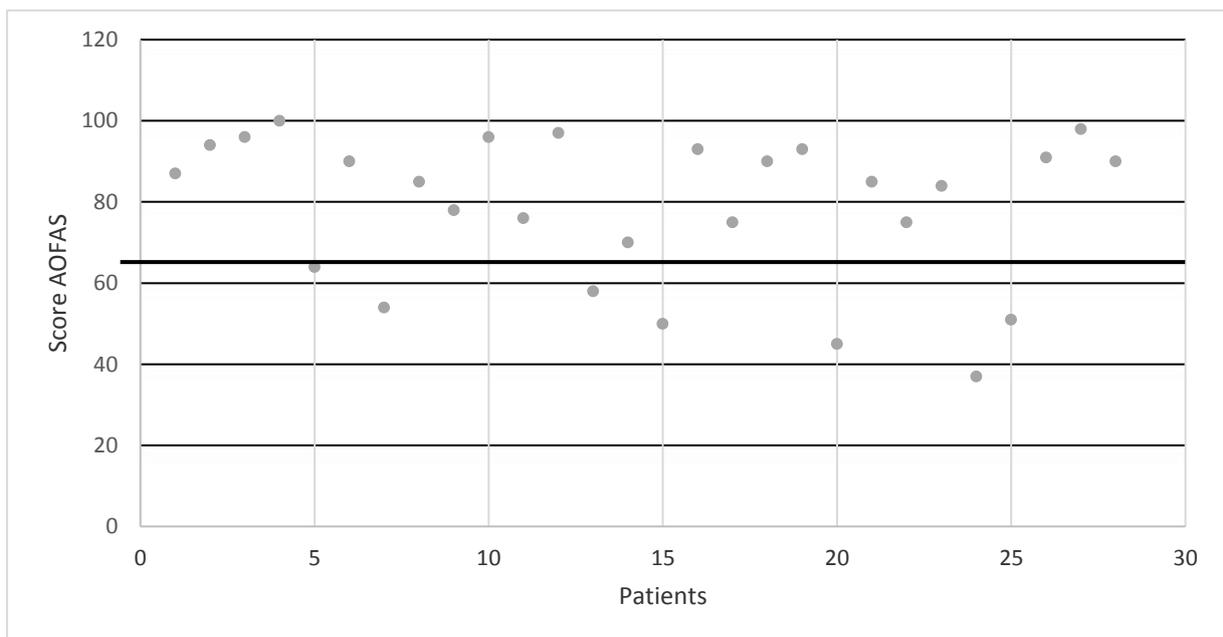


Figure 10 : Résultats score AOFAS

Le positionnement du ciment sur le TDM de contrôle était satisfaisant. Nos contrôles postopératoires montraient un thalamus bien soutenu par le ciment sur l'ensemble des patients. Le volume moyen injecté de ciment était de $4,32 \text{ cm}^3 \pm 1,79$ (2,18 à 7,69 cm^3).

L'angle de Böhler postopératoire était en moyenne de $14,07^\circ \pm 14,75$ (-24 à 30°) soit une amélioration moyenne de $12,96^\circ \pm 10,23$ (0 à 30°). Aucune perte de correction n'a été observée au dernier recul. En revanche une absence d'amélioration de l'angle de Böhler a été retrouvée chez 5 patients (Fig. 11). On retrouvait au total 20 patients avec un résultat favorable et 8 patients avec un résultat considéré défavorable.



Figure 11 : Angle de Böhler pré et postopératoire

Dans les suites opératoires, nous avons noté une seule reprise chirurgicale pour retrait d'une fuite de ciment. Dans tous les autres cas les suites opératoires ont été simples, aucune autre complication chirurgicale n'a été observée (Fig. 12).

a.



b.



Figure 12 : Radiographies et scanner d'un cas: a. préopératoires, b. postopératoires (fuite de ciment)

IV. DISCUSSION

Le traitement des fractures intra articulaires du calcaneus reste encore sujet à controverse, aucun traitement n'ayant montré sa supériorité de manière significative [5-22]. Le traitement chirurgical semble être préféré au traitement orthopédique ou fonctionnel. La diminution du délai avant le retour au travail et la diminution dans les suites de l'incidence arthrosique et donc des arthrodèses secondaires seraient les principaux avantages [30-33]. Ces résultats ont été publiés dans plusieurs études comparatives, cependant les techniques à foyer ouvert sont grevées d'un fort taux de complications, principalement cutanées avec retard de cicatrisation, désunion de la cicatrice voire nécrose cutanée (25% des cas selon les séries) [2,4].

Ces complications ont guidé l'évolution vers les techniques mini-invasives, avec de moins bons résultats initiaux sur la réduction et la stabilisation. L'ostéosynthèse percutanée par vis et plaques reste difficilement réalisable techniquement. Les broches de Kirschner et les clous de Steinmann ne permettent pas une stabilisation fiable et sont associés à une augmentation du risque infectieux [36].

La technique de la cyphoplastie permet une voie d'abord percutanée et évite ainsi les complications cutanées [22]. L'expansion progressive du ballonnet associée à la fluoroscopie permet de visualiser en temps réel la réduction. Pour le comblement du défaut osseux après réduction, plusieurs moyens ont été essayés, tout d'abord avec une greffe osseuse de soutien. Le ciment PMMA s'avère avoir la meilleure résistance mécanique, diminue les douleurs postopératoires par son effet thermique et permet une meilleure conservation de la réduction qu'un greffon osseux cortico-spongieux [37-38]. Une ostéosynthèse complémentaire n'est donc pas nécessaire, les ciments utilisés assurant une excellente stabilisation ostéoarticulaire [39].

Les travailleurs de force éprouvent le plus grand retentissement professionnel, en particulier dû à la raideur entraînée par ce type de fracture. Grâce à une grande résistance à la pression, la thalampoplastie permet une remise en charge rapide sans perte de réduction. Il nous a

semblé prudent d'attendre 6 semaines avant la reprise de l'appui complet. Toutefois ce délai pourrait être sensiblement réduit : la réalisation systématique d'une mobilisation passive postopératoire pourrait être utilisée pour améliorer ce paramètre. L'analyse de notre série ne permet pas d'étudier la diminution de la durée de l'arrêt de travail par rapport à la chirurgie conventionnelle. Néanmoins, notre expérience montre que l'utilisation de la chaussure de décharge permet à la plupart des patients de reprendre leur travail précocement.

Le traitement de ces fractures est encore très controversé chez les personnes âgées ostéoporotiques [40]. L'abstention chirurgicale est souvent la règle, entraînant dans les suites de nombreuses complications. Nous déplorons la pauvreté de la littérature sur le sujet [41]. Selon notre étude, quelle que soit la fracture, la réduction de l'enfoncement articulaire est possible. Nos résultats sont très encourageants pour les sujets ostéoporotiques du fait de la simplicité des suites postopératoires et de la rapidité de la récupération de l'autonomie.

V. CONCLUSION

La thalamoplastie, technique mini-invasive, simple et reproductible, permet l'ostéosynthèse des fractures thalamiques du calcaneus, qui restent très délicates à prendre en charge. Les résultats fonctionnels sont prometteurs car équivalents à ceux obtenus par les techniques de référence. La thalamoplastie présente un intérêt particulier chez le patient ostéoporotique grâce à une excellente réduction et stabilisation du foyer de fracture, associées à un faible taux de complication.

Le nombre de cas doit encore s'étoffer et le suivi se poursuivre sur plus long terme pour confirmer ces résultats et intégrer définitivement cette technique à notre arsenal thérapeutique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Biggi, F., Di Fabio, S., D'Antimo, C., Isoni, F., Salfi, C., Trevisani, S., 2013. Percutaneous calcaneoplasty in displaced intraarticular calcaneal fractures. *Journal of Orthopaedics and Traumatology* 14, 307–310. doi:10.1007/s10195-013-0249-8
- [2] Folk, J.W., Starr, A.J., Early, J.S., 1999. Early wound complications of operative treatment of calcaneus fractures: analysis of 190 fractures. *J Orthop Trauma* 13, 369–372.
- [3] Clare, M.P., Crawford, W.S., 2017. Managing Complications of Calcaneus Fractures. *Foot and Ankle Clinics* 22, 105–116. doi:10.1016/j.fcl.2016.09.007
- [4] SooHoo, N.F., Farnig, E., Krenek, L., Zingmond, D.S., 2011. Complication rates following operative treatment of calcaneus fractures. *Foot and Ankle Surgery* 17, 233–238. doi:10.1016/j.fas.2010.08.003
- [5] Parmar HV, Triffitt PD, Gregg PJ. Intraarticular fractures of the calcaneum treated operatively or conservatively. A prospective study. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75(6):932–7.
- [6] Thordarson, D.B., Krieger, L.E., 1996. Operative vs. nonoperative treatment of intra-articular fractures of the calcaneus: a prospective randomized trial. *Foot Ankle Int* 17, 2–9. doi:10.1177/107110079601700102
- [7] Agren, P.-H., Wretenberg, P., Sayed-Noor, A.S., 2013. Operative versus nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures: a prospective, randomized, controlled multicenter trial. *J Bone Joint Surg Am* 95, 1351–1357. doi:10.2106/JBJS.L.00759
- [8] Gotha, H.E., Zide, J.R., 2017. Current Controversies in Management of Calcaneus Fractures. *Orthopedic Clinics of North America* 48, 91–103. doi:10.1016/j.ocl.2016.08.005
- [9] Griffin, D., Parsons, N., Shaw, E., Kulikov, Y., Hutchinson, C., Thorogood, M., Lamb, S.E., UK Heel Fracture Trial Investigators, 2014. Operative versus non-operative treatment for closed, displaced, intra-articular fractures of the calcaneus: randomised controlled trial. *BMJ* 349, g4483.
- [10] Sharr, P.J., Mangupli, M.M., Winson, I.G., Buckley, R.E., 2016. Current management options for displaced intra-articular calcaneal fractures: Non-operative, ORIF, minimally invasive reduction and fixation or primary ORIF and subtalar arthrodesis. A contemporary review. *Foot and Ankle Surgery* 22, 1–8. doi:10.1016/j.fas.2015.10.003
- [11] Dhillon, M.S., Bali, K., Prabhakar, S., 2011. Controversies in calcaneus fracture management: a systematic review of the literature. *MUSCULOSKELETAL SURGERY* 95, 171–181. doi:10.1007/s12306-011-0114-y
- [12] Meena, S., Gangary, S.K., Sharma, P., 2016. Review Article: Operative versus Non-Operative Treatment for Displaced Intra-Articular Calcaneal Fracture: A Meta-Analysis

of Randomised Controlled Trials. *Journal of Orthopaedic Surgery* 24, 411–416.
doi:10.1177/1602400328

- [13] Bruce, J., Sutherland, A., 2013. Surgical versus conservative interventions for displaced intra-articular calcaneal fractures, in: *The Cochrane Collaboration (Ed.), Cochrane Database of Systematic Reviews*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.
doi:10.1002/14651858.CD008628.pub2
- [14] Schepers, T., van Lieshout, E.M.M., van Ginhoven, T.M., Heetveld, M.J., Patka, P., 2008. Current concepts in the treatment of intra-articular calcaneal fractures: results of a nationwide survey. *International Orthopaedics* 32, 711–715. doi:10.1007/s00264-007-0385-y
- [15] Jiang, N., Lin, Q., Diao, X., Wu, L., Yu, B., 2012. Surgical versus nonsurgical treatment of displaced intra-articular calcaneal fracture: a meta-analysis of current evidence base. *International Orthopaedics* 36, 1615–1622. doi:10.1007/s00264-012-1563-0
- [16] Koutserimpas, C., Magarakis, G., Kastanis, G., Kontakis, G., Alpantaki, K., 2016. Complications of Intra-articular Calcaneal Fractures in Adults: Key Points for Diagnosis, Prevention, and Treatment. *Foot & Ankle Specialist* 9, 534–542.
doi:10.1177/1938640016668030
- [17] Li, B., Wu, G., Yang, Y., 2016. Conservative versus surgical treatment for displaced fracture of the medial process of the calcaneal tuberosity. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 24, 163–166. doi:10.1177/1602400208
- [18] Ma, Y., Zhu, Z., Yu, H., Chen, G., Chen, H., Hou, Z., 2011. [Case-control study on conservative and operative therapy in the treatment of intra-articular fracture of calcaneus]. *Zhongguo Gu Shang* 24, 634–637.
- [19] Parmar, H.V., Triffitt, P.D., Gregg, P.J., 1993. Intra-articular fractures of the calcaneum treated operatively or conservatively. A prospective study. *J Bone Joint Surg Br* 75, 932–937.
- [20] Olmeda, A., Turra, S., Bonaga, S., 1989. [Long-term results of the conservative treatment of thalamic fractures of the calcaneus]. *Chir Organi Mov* 74, 35–43.
- [21] Tantavisut, S., Phisitkul, P., Westerlind, B.O., Gao, Y., Karam, M.D., Marsh, J.L., 2016. Percutaneous Reduction and Screw Fixation of Displaced Intra-articular Fractures of the Calcaneus. *Foot & Ankle International*. doi:10.1177/1071100716679160
- [22] Wu, Z., Su, Y., Chen, W., Zhang, Q., Liu, Y., Li, M., Wang, H., Zhang, Y., 2012. Functional outcome of displaced intra-articular calcaneal fractures: A comparison between open reduction/internal fixation and a minimally invasive approach featured an anatomical plate and compression bolts. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 73, 743–751.
doi:10.1097/TA.0b013e318253b5f1

- [23] Belkoff, S.M., Jasper, L.E., Stevens, S.S., 2002. An ex vivo evaluation of an inflatable bone tamp used to reduce fractures within vertebral bodies under load. *Spine* 27, 1640–1643
- [24] Oner, F.C., Dhert, W.J., Verlaan, J.-J., 2005. Less invasive anterior column reconstruction in thoracolumbar fractures. *Injury* 36, S82–S89. doi:10.1016/j.injury.2005.06.018
- [25] Lieberman, I.H., Dudeney, S., Reinhardt, M.K., Bell, G., 2001. Initial outcome and efficacy of “kyphoplasty” in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 26, 1631–1638.
- [26] Labbe, J.L., Peres, O., Leclair, O., Goulon, R., Scemama, P., Jourdel, F., 2013. Minimally invasive treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures using the balloon kyphoplasty technique: Preliminary study. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 99, 829–836. doi:10.1016/j.otsr.2013.06.008
- [27] Rammelt, S., Amlang, M., Barthel, S., Gavlik, J.-M., Zwipp, H., 2010. Percutaneous treatment of less severe intraarticular calcaneal fractures. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 468, 983–990. doi:10.1007/s11999-009-0964-x
- [28] Gupta, A.K., Gluck, G.S., Parekh, S.G., 2011. Balloon Reduction of Displaced Calcaneus Fractures: Surgical Technique and Case Series. *Foot & Ankle International* 32, 205–210. doi:10.3113/FAI.2011.0205
- [29] Jacquot, F., Atchabahian, A., 2011. Balloon reduction and cement fixation in intra-articular calcaneal fractures: a percutaneous approach to intra-articular calcaneal fractures. *International Orthopaedics* 35, 1007–1014. doi:10.1007/s00264-011-1249-z
- [30] Stulik, J., Stehlik, J., Rysavy, M., Wozniak, A., 2006. Minimally-invasive treatment of intra-articular fractures of the calcaneum. *Journal of Bone and Joint Surgery - British Volume* 88–B, 1634–1641. doi:10.1302/0301-620X.88B12.17379
- [31] Tornetta, P., 2000. Percutaneous treatment of calcaneal fractures. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 91–96.
- [32] Sanders, R., P. Fortin, T. DiPasquale, and A. Walling. “Operative Treatment in 120 Displaced Intraarticular Calcaneal Fractures. Results Using a Prognostic Computed Tomography Scan Classification.” *Clinical Orthopaedics and Related Research*, no. 290 (May 1993): 87–95.
- [33] Sanders, R., 2000. Displaced intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am* 82, 225–250.
- [34] Borrelli, J., Torzilli, P.A., Grigiene, R., Helfet, D.L., 1997. Effect of impact load on articular cartilage: development of an intra-articular fracture model. *J Orthop Trauma* 11, 319–326.

- [35] Kitaoka, H.B., Alexander, I.J., Adelaar, R.S., Nunley, J.A., Myerson, M.S., Sanders, M., 1994. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int* 15, 349–353. doi:10.1177/107110079401500701
- [36] Nehme, A., Chaminade, B., Chiron, P., Fabie, F., Tricoire, J.-L., Puget, J., 2004. [Percutaneous fluoroscopic and arthroscopic controlled screw fixation of posterior facet fractures of the calcaneus]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 90, 256–264.
- [37] Mousa, W.F., Kobayashi, M., Shinzato, S., Kamimura, M., Neo, M., Yoshihara, S., Nakamura, T., 2000. Biological and mechanical properties of PMMA-based bioactive bone cements. *Biomaterials* 21, 2137–2146.
- [38] Palmer, I., 1948. The mechanism and treatment of fractures of the calcaneus; open reduction with the use of cancellous grafts. *J Bone Joint Surg Am* 30A, 2–8.
- [39] Elsner, A., Jubel, A., Prokop, A., Koebke, J., Rehm, K.E., Andermahr, J., 2005. Augmentation of Intraarticular Calcaneal Fractures With Injectable Calcium Phosphate Cement: Densitometry, Histology, and Functional Outcome of 18 Patients. *The Journal of Foot and Ankle Surgery* 44, 390–395. doi:10.1053/j.jfas.2005.07.003
- [40] Kannus, P., Niemi, S., Sievänen, H., Korhonen, N., Parkkari, J., 2016. Fall-induced fractures of the calcaneus and foot in older people: nationwide statistics in Finland between 1970 and 2013 and prediction for the future. *International Orthopaedics* 40, 509–512. doi:10.1007/s00264-015-2875-7
- [41] Herscovici Jr., D., 2005. Operative Treatment of Calcaneal Fractures in Elderly Patients. *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)* 87, 1260. doi:10.2106/JBJS.D.01765

RESUME

INTRODUCTION: Les fractures thalamiques (surface talaire postérieure du calcanéus) restent un défi. Obtenir une réduction stable et anatomique permet une rééducation précoce. L'ostéosynthèse à foyer ouvert, traitement chirurgical de référence, est source de nombreuses complications postopératoires. Notre étude évalue les résultats cliniques par thalamoplastie (correction percutanée par ballon), ainsi que le volume, le positionnement et l'influence du ciment PMMA sur la stabilité, dans le traitement de ces fractures.

MATERIEL ET METHODES: De septembre 2011 à avril 2015 (étude prospective monocentrique) toutes les fractures thalamiques du calcanéus étaient classifiées selon Sanders et incluses : 8 stade IIA, 4 IIB, 4 IIC, 6 IIIAC, 5 IIIAB, et 1 IV (21 hommes, 7 femmes, âge moyen de 44,8 ans). Les paramètres cliniques étaient le score AOFAS, l'EVA et les complications. On mesurait le volume de PMMA et son positionnement à 3 mois et l'angle de Böhler à tous les temps de l'étude (statistiques réalisées par test de Wilcoxon-Mann-Whitney).

RESULTATS: On retrouvait 20 patients avec un résultat favorable et 8 patients avec un résultat défavorable. Le score AOFAS moyen était 78,64 (min 37 max 100) avec 8 scores excellents, 4 bons, 5 moyens et 7 mauvais. L'amélioration moyenne de l'angle de Böhler était de 12,96° (min 0 max 30), le volume moyen de PMMA de 4,32 cm³ (min 2,18 max 7,69). Une fuite de ciment a justifié une reprise chirurgicale, sans autre complication retrouvée ni perte de correction.

DISCUSSION: La thalamoplastie proposée par le positionnement optimisé du PMMA une réduction et une stabilisation pérenne des fractures thalamiques du calcanéus. Les résultats fonctionnels sont équivalents aux techniques chirurgicales de référence, tout en s'affranchissant des complications postopératoires habituellement rencontrées.

MOTS CLES : thalamoplastie, fracture thalamique calcanéus, traitement percutané

THALAMOPLASTY: a percutaneous technique for the reduction and stabilization of thalamic calcaneus fractures using cementoplasty

ABSTRACT

INTRODUCTION: The fractures of the calcaneal thalamus (posterior talar articular surface) remain a challenge. Obtaining a stable and anatomic reduction enables early rehabilitation. Open osteosynthesis is a very common surgical procedure which entails many postoperative complications. Our study evaluates the clinical results of thalamoplasty, (percutaneous correction by balloon), as well as the volume, positioning and influence of PMMA (polymethyl methacrylate) cement on stability, in the treatment of such fractures.

METHODS: In this monocentric prospective study from September 2011 to April 2015, we included all patients presenting a thalamic calcaneus fracture (21 men, 7 women, mean age of 44.8 years). Using Sanders classification we obtained: 8 grade IIA, 4 IIB, 4 IIC, 6 IIIAC, 5 IIIAB, and 1 grade IV. The clinical parameters were the visual analogic scale, complications and AOFAS score at 6 months. We measured the PMMA volume and positioning at 3 months and the Böhler angle during the entire study (Statistic tests by Wilcoxon-Mann-Whitney).

RESULTS: Among the 28 patients included we found: 20 favorable and 8 unfavorable results, a mean AOFAS score at 78.64: 8 excellent scores, 4 good, 5 average and 7 poor. Significant mean improvement of the Böhler angle was 12.96°. Mean PMMA volume was 4.32 cm³. We observed a single cement leak which led to surgical revision without any other complications nor correction loss.

DISCUSSION: With an optimized positioning of PMMA, thalamoplasty, provides excellent reduction and stabilization of thalamic calcaneus fractures. The obtained functional results are good and similar to standard surgical techniques, whilst avoiding the postoperative complications usually found.

I. INTRODUCTION

Accounting for 2% of all fractures, the calcaneus is the most frequently fractured tarsal bone, often the result of high energy trauma in young patients [1]. The treatment of the calcaneal thalamus (posterior talar articular surface) fractures, which are mainly articular, remains a challenge. The objective after reduction is to achieve an anatomic stabilization enabling early rehabilitation and preventing subtalar arthrosis. Open reduction and internal fixation (ORIF) by plate and screws is a very common surgical procedure which nonetheless entails many postoperative complications (cutaneous, infectious) [2-4]. Functional treatment as opposed to non-weight-bearing orthopedic treatment (immobilization using a short leg cast for six weeks) or percutaneous techniques are also part of the therapeutic arsenal. No treatment has yet proven its superiority [5-22]. Kyphoplasty is derived from vertebroplasty and was first conceived by Reiley in 1998 [23]. With the balloon and adequate patient positioning this technique allows correction of the bone's traumatic impaction as well as stabilization with cement [24-25]. Several teams have presented their first favorable results in the treatment of thalamic calcaneus impaction with cementoplasty: thalamoplasty [26-31].

Thalamoplasty is a simple and reproducible technique allowing good reduction and stabilization while minimizing soft tissue trauma. Our main objective was to observe the clinical results (AOFAS score) of thalamic calcaneus fractures treated by thalamoplasty, secondarily we measured the cement volume (polymethyl methacrylate or PMMA), its positioning and influence on stability over time.

II. MATERIALS AND METHODS

II.A Study population

In this monocentric prospective study from September 2011 we followed all patients diagnosed with a thalamic fracture of the calcaneus at the Poitiers University Hospital. Patients presenting a calcaneus fracture on standard radiography had secondary imagery by CT Scan (CT) [32-33]. In the case of an articular fracture with a displacement of over 2 mm a surgical procedure by thalamoplasty was proposed. This study was approved by the local ethics committee and informed consent was obtained for every patient before inclusion in the study.

From September 2011 we included 28 patients: 21 men and 7 women, 23 left and 5 right calcaneus. The mean age was 44.89 years \pm 14.32 (min 19 max 80 years). Patients were mostly laborers (10 patients) and in 5 cases the trauma occurred during a work accident. Considering the Sanders classification, grade IIA fractures were the most frequent with 8 patients. We observed 4 grade IIB, 4 grade IIC, 6 grade III AC and 5 grade IIIAB, only one grade IV and no grade IIIBC fractures.

II.B Surgical procedure

Patients were positioned in dorsal decubitus on an orthopedic table (Fig. 1). A traction wire was positioned perpendicularly in the calcaneus tuberosity. If necessary, the traction could help to reduce the displacement of the calcaneus (mostly in varus) and to distract the hindfoot joints. Reduction was achieved using ligamentotaxis and the balloon (exerted pressure up to 300psi, 20 bars).

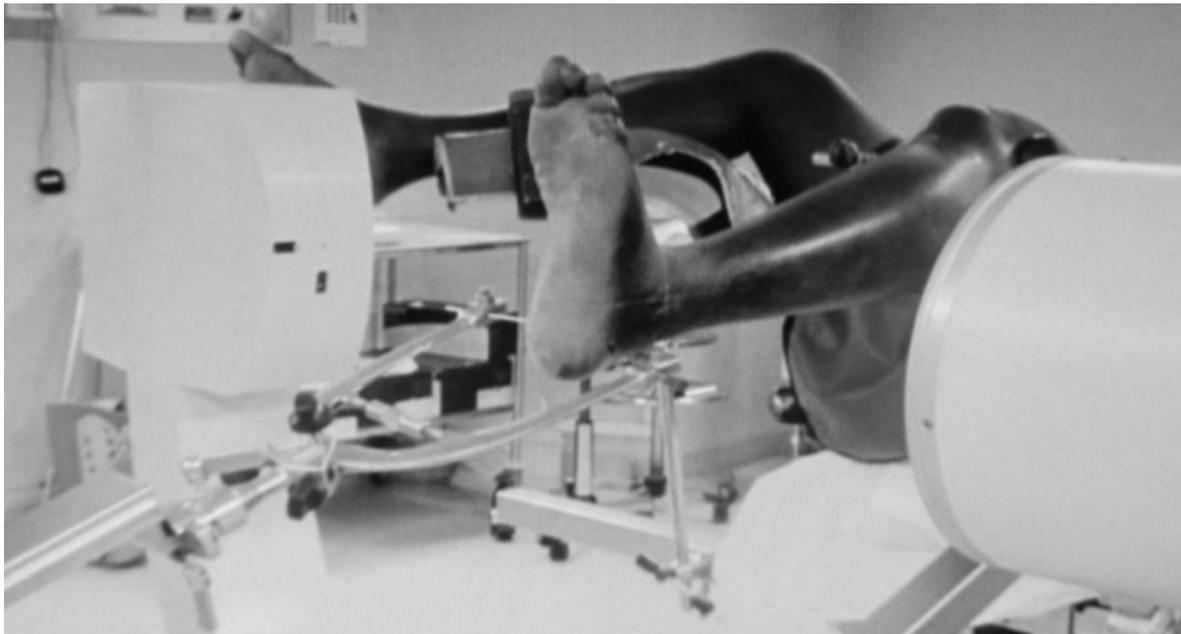


Fig. 1. Installation

Fluoroscopy was used to obtain front and side views in order to have a constant evaluation of the Böhler and Gissane angles.

The operative tools included: a Medtronic kyphoplasty balloon (Kyphon®) containing a 20 cc balloon and PMMA cement which is a transparent thermoplastic (synthetic polymer of methyl methacrylate).

We used a direct external percutaneous approach. The objective was to insert the work cannula and the balloon 5 to 6 mm under the depressed floor of the thalamic impacted fragment and below the fibular tendons (Fig. 2). The entry point was preoperatively planned based on the CT results and was reevaluated during surgery using fluoroscopy.

A front view was necessary to ascertain central positioning in the frontal plane of the radio-opaque markers situated on each side of the balloon (Fig. 3). The balloon was inflated until reduction of the fracture was considered satisfactory. The balloon was then removed, just before injecting the cement (Fig. 4). The work cannula was then removed. Finally, the cutaneous incision was closed using a single stitch.

Following the surgery a simple hind foot discharge boot was prescribed for 6 weeks associated with thromboembolic prevention [34].

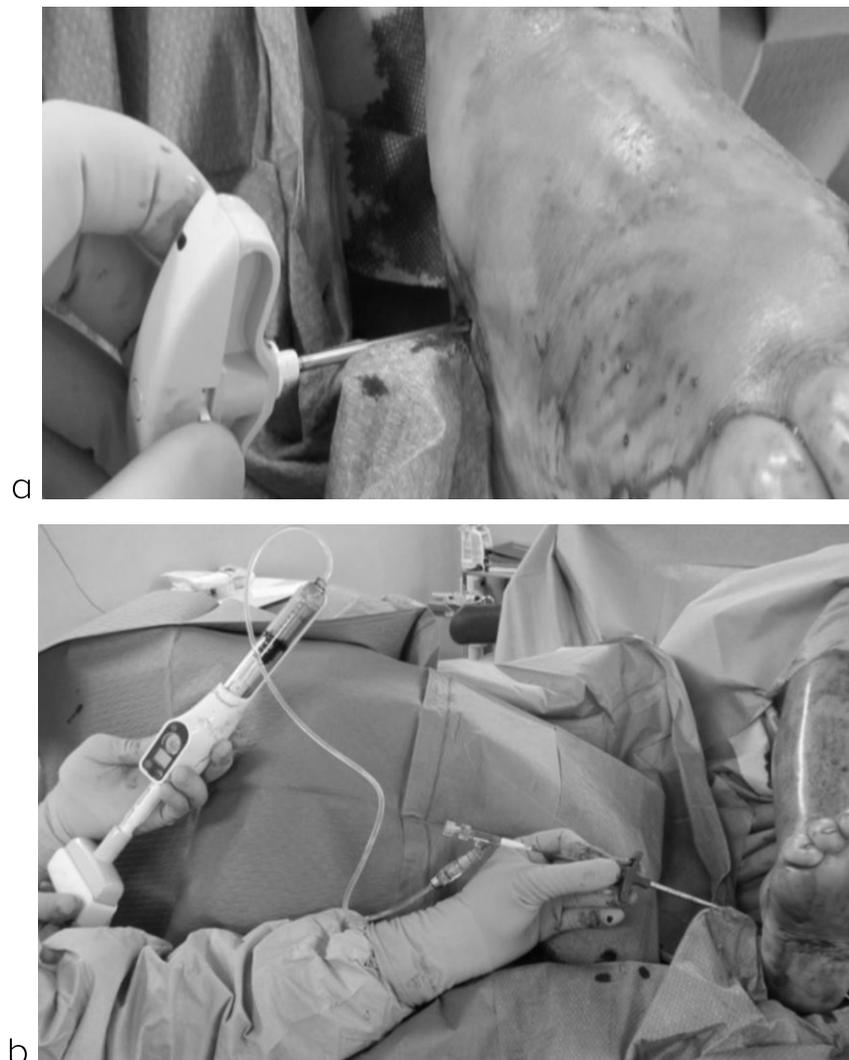


Fig. 2. Working cannula insertion: a. trocar, b. balloon



Fig.3. Balloon position on fluoroscopic side and front view



Fig. 4. Standard radiography a. preoperative and b. postoperative

II.C Data collected

We preoperatively collected patients' general characteristics: age, sex, profession, fractured side and date of trauma. We studied postoperatively: preoperative delay and hospital length of stay. Morphological characteristics were observed using standard radiography and CT.

We observed the residual pain (evaluated using visual analog scale or VAS) and the Böhler angle (for morphological evaluation) directly after surgery and during 6 weeks, 3 months and 6 months follow up consultations.

At the 3 months consultation CT was used to measure the injected volume of cement using the OSIRIX© software and the region of interest (ROI) technique.

During the last follow-up consultation (at 6 months) the functional outcome was evaluated by the AOFAS score [35]. If the functional score was excellent (≥ 90), good (≥ 80) or average (≥ 70) and associated with an improvement of the Böhler angle the outcome was considered favorable. If

the functional score was poor (<70) or in the absence of improvement of the Böhler angle the outcome was considered unfavorable. The Wilcoxon-Mann-Whitney test was used for statistical comparison.

III. RESULTS

Before surgery the mean Böhler angle was $11.1^{\circ} \pm 10.24$ (min -24° max 25°). The mean preoperative delay was 2.8 days ± 3.67 (min 1 max 20 days). The mean length of hospital stay was 5.36 days ± 3.46 (min 2 max 14 days). The postoperative pain level was low with a mean of 1.04 ± 1.54 (min 0 max 4) on the VAS.

The positioning of the cement on control CT was satisfactory. Our postoperative imagery showed a talus steadily supported by cement in all patients.

The mean injected cement volume was 4.32 cm³ ± 1.79 (min 2.18 max 7.69 cm³).

The mean postoperative Böhler angle was $14.07^{\circ} \pm 14.75$ (min -24° max 30°) which results in a mean improvement of $12.96^{\circ} \pm 10.23$ (min 0° max 30°). No loss of correction was observed as Böhler angles remained constant for every patient during the follow up and at the last consultation. Nevertheless an absence of improvement of the Böhler angle was observed in 5 patients (Fig. 5)

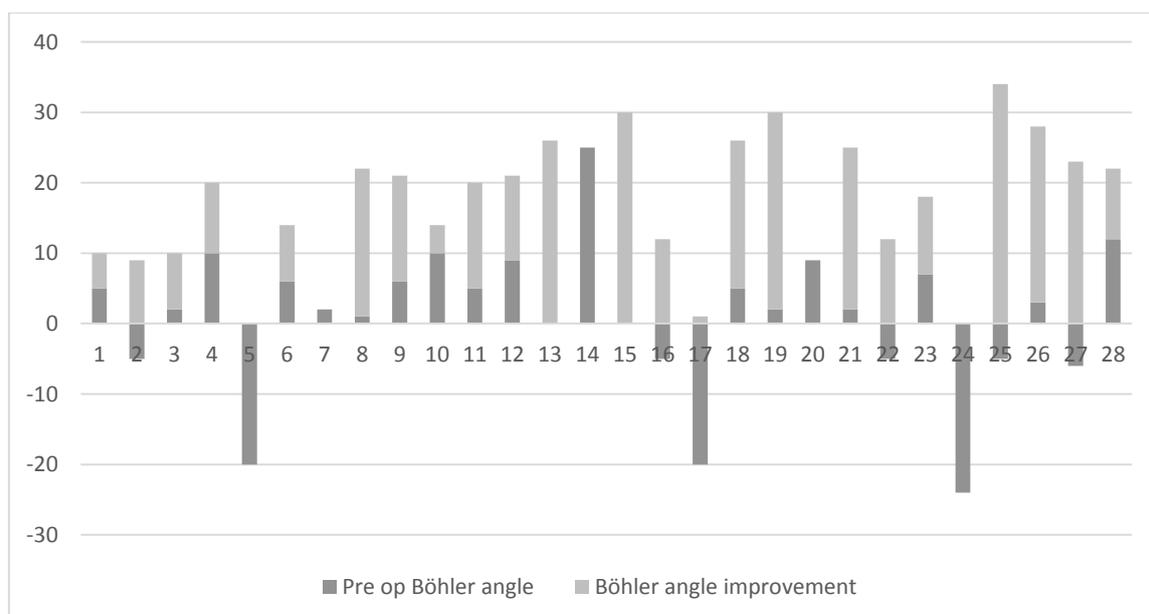


Fig. 5. Pre and postoperative Böhler angle

The mean AOFAS score was 78.64 +- 18.2 (min 37 max 100). We observed 9 patients presenting an excellent functional score, 4 patients with a good functional score, 7 patients with an average score and 7 patients presented a poor functional score. Altogether we found 20 favorable results and 8 unfavorable results.

During surgical follow up a single surgical revision was needed to correct a cement leak (Fig. 6). In all other patients no complications were observed (neither infection of the operative site nor wound disunion).



Fig. 6. X-ray and CT of a single case cement leak

IV. DISCUSSION

The treatment of articular calcaneus fractures remains a subject of controversy as no treatment has proven its clear superiority [5-22]. Surgical treatment seems to be preferred over orthopedic treatment due to the reduction of time before return to work, secondary arthrosis and therefore arthrodesis prevalence [30-33].

Nevertheless ORIF techniques entail a high complication rate, mostly cutaneous (up to 25%) [2-4]. These complications have led to the development of minimally invasive techniques, initially with a less successful reduction and stabilization. Percutaneous osteosynthesis by plates and screws remains technically difficult, while Kirschner wires,

Steinmann nails and external fixators do not allow optimal stabilization, and increase infectious risks [36].

The cementoplasty technique uses a percutaneous approach and avoids cutaneous complications [22]. Progressive expansion of the balloon while using fluoroscopy enables direct visualization of the reduction of the fracture. The bone defect after reduction has been filled using different techniques. Palmer first tried a bone sustainment graft but the cement PMMA proved to have better mechanical resistance, reducing postoperative pain by its thermal effects and better stabilization of the reduction than a bone cancellous graft [37-38]. Furthermore complementary osteosynthesis is no longer required, as PMMA provides excellent osteoarticular stabilization [39].

During treatment of such fractures laborers experience the strongest professional repercussions due to residual stiffness. Thalamoplasty with its strong resistance to pressure allows early weight bearing without any loss of reduction. While our study does not observe any diminution of work stoppage compared to standard surgery, use of the hindfoot discharge boot allowed most patients an early return to work. We decided to be careful and waited for six weeks before allowing weight bearing, but this delay could be considerably shortened and systematic post-operative passive rehabilitation could lead to shorter work stoppage.

For older and osteoporotic patients, the treatment of such fractures, remains particularly challenging [40]. Surgical abstention is common, leading to numerous complications and the literature on the subject is poor [41]. According to our study the reduction of articular impaction is possible for every kind of thalamic calcaneus fracture. Our results are encouraging for the treatment of osteoporotic fractures due to the simplicity of surgical follow-up.

V. CONCLUSION

With an optimized positioning of PMMA, thalamoplasty provides an excellent reduction and stabilization in the treatment of thalamic calcaneus fractures. The functional results achieved are good and similar to standard surgical techniques whilst avoiding the postoperative complications usually observed. Thalamoplasty is of particular interest in the treatment of osteoporotic fractures. We did not observe any pseudarthrosis but the long-term outcome of PMMA for this indication has yet to be defined. We need to observe more cases and to prolong the surveillance in order for this technique to become a permanent part of the therapeutic arsenal.

Funding

No funding was obtained from any source for preparation of this manuscript.

Conflict of interest statement

There is no conflict of interest.



UNIVERSITE DE POITIERS

Faculté de Médecine et de
Pharmacie



SERMENT



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque



RESUME

INTRODUCTION: Les fractures thalamiques (surface talaire postérieure du calcanéus) restent un défi. Obtenir une réduction stable et anatomique permet une rééducation précoce. L'ostéosynthèse à foyer ouvert, traitement chirurgical de référence, est source de nombreuses complications postopératoires. Notre étude évalue les résultats cliniques par thalamoplastie (correction percutanée par ballon), ainsi que le volume, le positionnement et l'influence du ciment PMMA sur la stabilité, dans le traitement de ces fractures.

MATERIEL ET METHODES: De septembre 2011 à avril 2015 (étude prospective monocentrique) toutes les fractures thalamiques du calcanéus étaient classifiées selon Sanders et incluses : 8 stade IIA, 4 IIB, 4 IIC, 6 IIIAC, 5 IIIAB, et 1 IV (21 hommes, 7 femmes, âge moyen de 44,8 ans). Les paramètres cliniques étaient le score AOFAS, l'EVA et les complications. On mesurait le volume de PMMA et son positionnement à 3 mois et l'angle de Böhler à tous les temps de l'étude (statistiques réalisées par test de Wilcoxon-Mann-Whitney).

RESULTATS: On retrouvait 20 patients avec un résultat favorable et 8 patients avec un résultat défavorable. Le score AOFAS moyen était 78,64 (min 37 max 100) avec 8 scores excellents, 4 bons, 5 moyens et 7 mauvais. L'amélioration moyenne de l'angle de Böhler était de 12,96° (min 0 max 30), le volume moyen de PMMA de 4,32 cm³ (min 2,18 max 7,69). Une fuite de ciment a justifié une reprise chirurgicale, sans autre complication retrouvée ni perte de correction.

DISCUSSION: La thalamoplastie propose par le positionnement optimisé du PMMA une réduction et une stabilisation pérenne des fractures thalamiques du calcanéus. Les résultats fonctionnels sont équivalents aux techniques chirurgicales de référence, tout en s'affranchissant des complications postopératoires habituellement rencontrées.

MOTS CLES : thalamoplastie, fracture thalamique calcanéus, traitement percutané