



**HAL**  
open science

# Une étude expérimentale en cas unique pour rechercher l'efficacité d'une orthèse suro-pédieuse rigide dans l'arthrose de cheville

Guillaume Bokobza

## ► To cite this version:

Guillaume Bokobza. Une étude expérimentale en cas unique pour rechercher l'efficacité d'une orthèse suro-pédieuse rigide dans l'arthrose de cheville. Médecine humaine et pathologie. 2018. hal-03297338

**HAL Id: hal-03297338**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03297338>**

Submitted on 23 Jul 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

## **THÈSE**

pour obtenir le grade de

### **DOCTEUR EN MÉDECINE**

Présentée et soutenue publiquement  
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée

par

**Guillaume BOKOBZA**

le 17 septembre 2018

**Une étude expérimentale en cas unique pour rechercher l'efficacité  
d'une orthèse suro-pédieuse rigide dans l'arthrose de cheville**

Membres du jury:

Président : Monsieur le Professeur Jean PAYSANT

Juges : Monsieur le Professeur Didier MAINARD  
Monsieur le Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

Juge et directrice de thèse : Madame le Docteur Isabelle LOIRET



**Président de l'Université de Lorraine :**  
**Professeur Pierre MUTZENHARDT**

**Doyen de la Faculté de Médecine**  
**Professeur Marc BRAUN**

**Vice-doyens**

Pr Karine ANGIOI-DUPREZ, Vice-Doyen  
Pr Marc DEBOUVERIE, Vice-Doyen

**Assesseurs :**

**Premier cycle :** Dr Julien SCALA-BERTOLA  
**Deuxième cycle :** Pr Marie-Reine LOSSER  
**Troisième cycle :** Pr Marc DEBOUVERIE

*Président de Conseil Pédagogique :* Pr Bruno CHENUÉL

*Formation à la recherche :* Dr Nelly AGRINIER

*SIDES :* Pr Laure JOLY

*Relations Grande Région :* Pr Thomas FUCHS-BUDER

*CUESIM :* Pr Stéphane ZUILY

**Chargés de mission**

*Bureau de docimologie :* Dr Guillaume VOGIN

*Commission de prospective facultaire :* Pr Karine ANGIOI-DUPREZ

*Orthophonie :* Pr Cécile PARIETTI-WINKLER

*PACES :* Dr Mathias POUSSEL

*Plan Campus :* Pr Bruno LEHEUP

*International :* Pr Jacques HUBERT

=====

**DOYENS HONORAIRES**

Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER - Professeur Henry COUDANE

=====

**PROFESSEURS HONORAIRES**

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY  
Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL - Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE  
Jean-Louis BOUTROY - Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL -  
Claude CHARDOT - Jean-François CHASSAGNE - François CHERRIER - Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY -  
Emile de LAVERGNE  
Jean-Pierre DESCHAMPS - Jean DUHEILLE - Jean-Bernard DUREUX - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE - Bernard  
FOLIGUET - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Professeur Jean-Luc  
GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles  
GROSDIDIER - Oliéro GUERCI  
Philippe HARTEMANN - Gérard HUBERT - Claude HURIET - Michèle KESSLER - François KOHLER  
Jacques LACOSTE - Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain  
LE FAOU - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN -  
Jean-Claude MARCHAL - Yves MARTINET - Pierre MATHIEU - Michel MERLE - Pierre MONIN - Pierre NABET -  
Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Claude PERRIN - Luc PICARD -  
François PLENAT - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL - Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER - Denis  
REGENT - Jacques ROLAND - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-  
BLANC - Claude SIMON - Danièle SOMMELET - Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT -  
Gérard VAILLANT - Paul VERT  
Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Jean-Pierre VILLEMOT - Michel WEBER

=====

## PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Etienne ALIOT - Professeur Gérard BARROCHE – Professeur Pierre BEY - Professeur Serge BRIANÇON - Professeur Jean-Pierre CRANCE Professeur Gilbert FAURE - Professeur Bernard FOLIGUET – Professeur Alain GERARD – Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ - Professeure Simone GILGENKRANTZ - Professeur Gilles GROSDIDIER  
Professeur Philippe HARTEMANN - Professeur Michèle KESSLER - Professeur François KOHLER - Professeur Alain LE FAOU Professeur Jacques LECLERE - Professeur Yves MARTINET – Professeur Patrick NETTER - Professeur Jean-Pierre NICOLAS  
Professeur Luc PICARD - Professeur François PLENAT - Professeur Jean-François STOLTZ

=====

## PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

### 42<sup>ème</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Anatomie*)

Professeur Marc BRAUN – Professeure Manuela PEREZ

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Histologie, embryologie et cytogénétique*)

Professeur Christo CHRISTOV

#### 3<sup>ème</sup> sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Professeur Jean-Michel VIGNAUD – Professeur Guillaume GAUCHOTTE

### 43<sup>ème</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Radiologie et imagerie médicale*)

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeur Serge BRACARD - Professeur Michel CLAUDON Professeure Valérie CROISÉ-LAURENT - Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

### 44<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur Bernard NAMOUR - Professeur Jean-Luc OLIVIER

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Physiologie*)

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUUEL - Professeur François MARCHAL

#### 4<sup>ème</sup> sous-section : (*Nutrition*)

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

### 45<sup>ème</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*)

Professeur Alain LOZNIOWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Parasitologie et Mycologie*)

Professeure Marie MACHOUART

#### 3<sup>ème</sup> sous-section : (*Maladies infectieuses ; maladies tropicales*)

Professeur Thierry MAY - Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

### 46<sup>ème</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Épidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Professeur Francis GUILLEMIN - Professeur Denis ZMIROU-NAVIER

#### 3<sup>ème</sup> sous-section : (*Médecine légale et droit de la santé*)

Professeur Henry COUDANE

#### 4<sup>ème</sup> sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Professeure Eliane ALBUISSON - Professeur Nicolas JAY

### 47<sup>ème</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Professeur Pierre FEUGIER

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie*)

Professeur Thierry CONROY - Professeur François GUILLEMIN - Professeur Didier PEIFFERT - Professeur Frédéric MARCHAL

#### 3<sup>ème</sup> sous-section : (*Immunologie*)

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT - Professeure Marie-Thérèse RUBIO

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Génétique)**

Professeur Philippe JONVEAUX - Professeur Bruno LEHEUP

**48<sup>ème</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Anesthésiologie-réanimation)**

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER  
Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Réanimation)**

Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)**

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Thérapeutique ; addictologie)**

Professeur François PAILLE - Professeur Patrick ROSSIGNOL – Professeur Faiez ZANNAD

**49<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Neurologie)**

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Luc TAILLANDIER - Professeure Louise TYVAERT

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Neurochirurgie)**

Professeur Jean AUQUE - Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)**

Professeur Jean-Pierre KAHN - Professeur Raymund SCHWAN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)**

Professeur Bernard KABUTH

**5<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)**

Professeur Jean PAYSANT

**50<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Rhumatologie)**

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)**

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Dermato-vénéréologie)**

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)**

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

**51<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Pneumologie ; addictologie)**

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cardiologie)**

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET - Professeur Yves JUILLIERE

Professeur Nicolas SADOUL

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)**

Professeur Thierry FOLLIGUET - Professeur Juan-Pablo MAUREIRA

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)**

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY

**52<sup>ème</sup> Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)**

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Néphrologie)**

Professeur Luc FRIMAT - Professeure Dominique HESTIN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Urologie)**

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

**53<sup>ème</sup> Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE, CHIRURGIE GÉNÉRALE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie)**

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY  
Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie générale)**

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine générale)**

Professeur Jean-Marc BOIVIN – Professeur Paolo DI PATRIZIO

**54<sup>ème</sup> Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Pédiatrie)**

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET

Professeur Emmanuel RAFFO - Professeur Cyril SCHWEITZER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie infantile)**

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)**

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)**

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

**55<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)**

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Ophtalmologie)**

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)**

Professeure Muriel BRIX

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS**

**61<sup>ème</sup> Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL**

Professeur Walter BLONDEL

**64<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

**65<sup>ème</sup> Section : BIOLOGIE CELLULAIRE**

Professeure Céline HUSELSTEIN

=====

**PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE**

Professeur associé Sophie SIEGRIST

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

**42<sup>ème</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Anatomie)**

Docteur Bruno GRIGNON

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Histologie, embryologie et cytogénétique)**

Docteure Chantal KOHLER

**43<sup>ème</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)**

Docteur Antoine VERGER (stagiaire)

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)**

Docteur Damien MANDRY

**44<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)**

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle AIMONE-GASTIN

Docteure Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteur Marc MERTEN - Docteur Abderrahim OUSSALAH

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Physiologie)**

Docteure Silvia DEMOULIN-ALEXIKOVA - Docteur Mathias POUSSEL – Docteur Jacques JONAS (stagiaire)

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Biologie Cellulaire)**

Docteure Véronique DECOT-MAILLERET

**45<sup>ème</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)**

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Parasitologie et mycologie)**

Docteure Anne DEBOURGOGNE

**46<sup>ème</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)**

Docteure Nelly AGRINIER - Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE

**2<sup>ème</sup> sous-section (Médecine et Santé au Travail)**

Docteure Isabelle THAON

**3<sup>ème</sup> sous-section (Médecine légale et droit de la santé)**

Docteur Laurent MARTRILLE

**47<sup>ème</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Hématologie ; transfusion)**

Docteure Aurore PERROT – Docteur Julien BROSEUS

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)**

Docteure Lina BOLOTINE – Docteur Guillaume VOGIN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Génétique)**

Docteure Céline BONNET

**48<sup>ème</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Réanimation ; Médecine d'urgence)**

Docteur Antoine KIMMOUN

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)**

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteure Françoise LAPICQUE - Docteur Julien SCALA-BERTOLA

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Thérapeutique ; Médecine d'urgence ; addictologie)**

Docteur Nicolas GIRERD

**50<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Rhumatologie)**

Docteure Anne-Christine RAT

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Dermato-vénérologie)**

Docteure Anne-Claire BURSZTEJN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)**

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

**51<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)**

Docteur Fabrice VANHUYSE

**52<sup>ème</sup> Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)**

Docteur Jean-Baptiste CHEVAUX – Docteur Anthony LOPEZ (stagiaire)

**53<sup>ème</sup> Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE, CHIRURGIE GÉNÉRALE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie générale)**

Docteur Cyril PERRENOT (stagiaire)

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine générale)**

Docteure Elisabeth STEYER

**54<sup>ème</sup> Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**5<sup>ème</sup> sous-section : (Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)**

Docteure Isabelle KOSCINSKI

**55<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Oto-Rhino-Laryngologie)**

Docteur Patrice GALLET

=====

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES

### 5<sup>ème</sup> Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

### 7<sup>ème</sup> Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES

Madame Christine DA SILVA-GENEST

### 19<sup>ème</sup> Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

### 64<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

### 65<sup>ème</sup> Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ - Monsieur Jean-Louis GELLY - Madame Ketsia HESS - Monsieur Christophe NEMOS

### 66<sup>ème</sup> Section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

=====

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteur Pascal BOUCHE – Docteur Olivier BOUCHY - Docteur Cédric BERBE - Docteur Jean-Michel MARTY

=====

## DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Charles A. BERRY (1982)  
*Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)*  
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)  
*Brown University, Providence (U.S.A)*  
Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)  
*Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)*  
Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)  
*Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)*  
*Université de Pennsylvanie (U.S.A)*  
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)  
*Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)*

Professeure Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)  
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)  
*Université d'Helsinki (FINLANDE)*  
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)  
*Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)*  
Professeur Daniel G. BICHET (2001)  
*Université de Montréal (Canada)*  
Professeur Marc LEVENSTON (2005)  
*Institute of Technology, Atlanta (USA)*

Professeur Brian BURCHELL (2007)  
*Université de Dundee (Royaume-Uni)*  
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)  
*Université de Wuhan (CHINE)*  
Professeur David ALPERS (2011)  
*Université de Washington (U.S.A)*  
Professeur Martin EXNER (2012)  
*Université de Bonn (ALLEMAGNE)*

**A notre Maître et Président du jury,  
Monsieur le Professeur Jean PAYSANT,  
Professeur de Médecine Physique et de Réadaptation,**

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en acceptant la présidence de notre thèse.

Nous vous sommes reconnaissants pour la confiance que vous nous avez témoignée pour ce travail et pour votre accompagnement tout au long de ces quatre années d'internat.

Veillez trouver ici, l'expression de notre plus grande gratitude et de notre plus profond respect.

**A notre Maître et Juge,  
Monsieur le Professeur Didier MAINARD,  
Professeur de Chirurgie orthopédique et traumatologique,  
Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques,**

Vous nous faites l'honneur de juger ce travail. Veuillez trouver ici, l'expression de nos sincères remerciements et de notre profond respect.

**A notre Maître et Juge,  
Monsieur le Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA,  
Professeur de Radiologie et imagerie médicale,**

Vous nous faites l'honneur de juger ce travail. Veuillez trouver ici, l'expression de nos sincères remerciements et de notre profond respect.

**A mon Maître et Juge,**

**Madame le Docteur Isabelle LOIRET,**

**Spécialiste en Médecine Physique et de Réadaptation,**

Merci de m'avoir accompagné tout au long de la réalisation de ce projet. Merci pour ta disponibilité et ta patience. Merci pour ton enseignement en Médecine Physique et de Réadaptation, tout particulièrement en appareillage et en podologie.

**Aux personnes m'ayant apporté leur aide durant la réalisation de ce travail,**

Au Docteur Agata KRASNY-PACINI, merci pour toute l'aide concernant la méthodologie de l'étude.

A Lucile BERTIN, pour m'avoir accueilli dans son milieu de travail, pour les photos de la fabrication de l'orthèse ainsi que pour sa relecture.

A Hélène PIJAT-ANTOINE, pour l'aide avec la mise en page.

A Anne-Gabrielle FRANCOIS, merci pour l'analyse statistique.

A Ronan, Bouchra et Valérie pour la relecture en anglais.

*Je dédie ce travail de thèse à la mémoire de mes grands-parents,*

***Denise, Alfred et David.***

***A Marie,***

Pour les années passées et les nombreuses à venir. Pour tous ces moments, ces fous rires, ces voyages aux 4 coins du monde (jusque Forbach), ces balades, ces petits-dejeuners, dejeuners, diners avec toi, ces grasses mat' interminables, ces soirées entre amis et en amoureux...

Après Reims et la Lorraine voici la Loire Atlantique qui pointe le bout de son nez pour la poursuite de nos aventures.

Merci de faire de moi le plus heureux des hommes.

C'est toi qui me porte, c'est toi qui décide, c'est toi qui apporte, du vent dans mes cimes.

***A mes parents, Véronique et Marc,***

Merci de nous avoir élevé dans l'amour et le partage. De m'avoir donné cet optimisme et cette envie de me dépasser pour faire de mon mieux, dans les études comme dans la vie. De m'avoir supporté et même aidé pendant les années les moins faciles de ces longues études. Même si je dois partir loin pour faire mon trou, je resterais toujours votre petit garçon.

***A ma petite soeur, Louise,***

Loulou, la naine, pour cette fratrie bien débile que l'on forme. Merci de m'accueillir dans tous les endroits où tu vis, de Lille à Sao Paulo. Vivement tes prochains voyages !

***Aux BOKOBZA,***

A Patricia, Philippe, Elisabeth, Hubert, Maxime, Lucile, Michel, Valérie, Cindy et Shaï pour cette culture qui m'est si chère.

***Aux JEANJEAN,***

A ma grand-mère, Monique, pour m'avoir transmis cette curiosité et cet amour de la cuisine.

A Valérie, pour me faire toujours autant rire, pour me recevoir si gentiment à chaque fois et de me faire voyager toujours plus loin !

A Yves, Sandrine, Gabrielle, Noémie, Antonin, Clément, Emmanuel, Xavier, Marianne et Mélanie, pour nos repas de famille plein de bonne humeur et de bonnes choses.

***A l'ensemble de l'équipe du centre de Réadaptation de Lay Saint-Christophe :***

**Aux médecins : Alice, Nathalie, Hélène, Loïc, M. Beis, Nadine, et Guillaume.** Merci pour votre enseignement dans ce domaine inédit pour moi qu'était la rééducation neurologique. Je crois bien que j'y ai pris goût ! Merci pour cette ambiance si familiale !

**Aux drôles de dames de la consult' : Isa, Marie et Véro.** Pour ces bons moments, ces toxines, pompes et BUD en bonne humeur. Mais par pitié, arrêtez moi cette musique péruvienne !

**Aux secrétaires, infirmières, aides soignantes, kiné, ergo, orthophonistes, neuropsychy et à tout le personnel du centre avec qui j'ai eu l'occasion de travailler.**

***A l'ensemble du centre Louis Pierquin :***

**A l'équipe d'appareillage : Isabelle, Noël, Nathalie, Lucile, Benjamin, Christophe, François et Carole.** Merci pour la transmission de connaissances dans cette spécialité si passionnante, pour cette ambiance et toute l'aide sur mes mémoires et thèse !

**A l'équipe de l'Ouest : Amélie, Anne et tout le personnel du plateau technique.** Merci pour le compagnonnage dans cette spécialité si pointue qu'est la rééducation de la main.

**Aux autres médecins du Centre : Cécile, Baptiste, Ange, et Charles-Xavier.** Merci de tout ce que vous avez pu m'apprendre au cours de ces deux semestres.

**Aux secrétaires, infirmières, aides soignantes et à tout le personnel du centre avec qui j'ai eu l'occasion de travailler.**

Merci pour tout ce que vous avez pu m'apprendre, j'en ferai bon usage !

***A l'équipe du SRPR :***

**A Emilie et Gabrielle,** pour leur enseignement et leur gentillesse. A tout le personnel de ce jeune service si familial.

***Aux médecins du CMPRE :***

**A Emilie, Cristina, Jennifer, Séverine, M. Tassin, Katharina.** Pour toutes ces choses que j'ai pu apprendre en votre compagnie et le plaisir que j'ai eu à travailler avec vous et tous ces enfants !

***A l'équipe de Rhumatologie du CHU:***

Merci pour cet enseignement et votre accueil dans cette spécialité.

***A l'équipe du service de MPR de Bar-Le-Duc***

**M. DELATTE, Nathalie, Mme POISSENOT** pour m'avoir aussi bien accueilli et tant appris.

**A Marie-Flore, Adrian, Romain et les autres,** pour cette ambiance et les soirées jeux au temps perdu.

Merci pour ce tout début d'internat passé en votre compagnie.

***A l'ancienne équipe du service de MPR du CHU de Reims***

**A Laetitia PERCEBOIS-MACADRE et Auriane GEVRESSE,** pour m'avoir transmis leur amour de la Médecine Physique et de Réadaptation lors de mon stage d'externe au CHU de Reims en 2013.

**A mes co-internes :**

**A Aurore**, ma co-interne de promo, pour ces cours de DES, congrès et soirées. Continue de faire des enfants dans les vosges, mais essaye de finir ton internat un jour !

**A Fanny, la dodue**, pour ces 3 semestres (record à battre) en ta compagnie, pour ta gentillesse et ton humour. J'ai eu un grand plaisir à travailler avec toi.

**A ce thug de Guillaume Moreau**, 3 semestres (record égalé) + 1 bonus en tant que chef (?) (record battu !). Pour les frais de port inclus, pokémon go et les à-côtés sympas.

**A Marina et Margaux**, pour les soirées DES, les soirées oeno et j'en passe.

**A Rémi** parce qu'on était à 2 doigts de faire du ping-pong !

**Aux anciennes internes : Morgane, Emilie et Chloé**, pour m'avoir aussi bien accueilli dans la spécialité !

**Aux plus jeunes : Gaëlle, Fabien, Vincent, Magali, Bouchra, Mathilde, Manon et Patoch**, pour votre bonne humeur. Bon courage pour votre fin d'internat !

**A Rémi, Matthieu et Virgile** pour ce semestre d'été passé à Pierquin en votre compagnie.

**Aux rhumatologues, Camille, Yousra, Alexandra et Amrane.**

**A mes ami(e)s :**

**Aux Troyens : Mathilde, Matthieu, Vivien, Ronan, Clément, Jade, Abdou,** pour tous ces moments de la crèche et avant (pour certains) en passant par le lycée et jusqu'à maintenant. Nos découvertes de la vie, nos voyages, nos instants sportifs et musicaux. Aussi éloignés sommes nous, c'est toujours avec le même plaisir de se revoir !

**Aux (presque) Reimoises : Marion, Pauline, Laura et Justine.** Pour m'avoir supporté de la P1 à la D4, pour tous nos moments, nos soirées et pourvu que ça dure !

A ma maison ma tour Eiffel, **Fifou et Dahu,** pour chanter du pasco obispal jusqu'à ce que mort s'en suive.

A la meilleure fanfare du monde voire de l'univers, **les Boules de Feu : Barap, MarieQ, Elo, Tomi, Valoch, Nawel, Marco, Virgul, Shorki, Poulette, Marion, Choupi, Chinkat, Nuche, Bébièrekiki, Avrel, Jajar, Cuni, Mika, Pascalou, Pacal, Choir, Visi, Hélène, Visi, Al, Coin², Lucile, Kabee, Jacky, Chaton, Minich, Babar, Léo, Nunurs, Glaire, Polo le sorcier, Marine, Kiri, Macouille, Julia, Poussin, Naruto, Pédédé, Marin, Hatim, Carlo, Julie, Murdoch, Guinness, Zakia, Margaux, Skafar, la Ragonde, Norman, Tim, Marin, Suziflette, les plus jeunes et surtout Bouzig !** Pour m'avoir permis de faire tout sauf de la médecine pendant quelques années, rencontrer des gens terribles et très très débiles, m'avoir appris que le ridicule ne tue pas, les voyages musicaux déguisés en princesse, les chaussettes enlevées et pour me tolérer encore de temps en temps !

**A Jojo et Brindou,** pour nos journées, lendemain de garde, soirées, à déguster bières, vins et autres joyeusetés.

**Aux Barisiens : Agathe, Chloé, Marjorie, Oriane, Bibi, Thibault, PEG, Victor.** Pour ce premier semestre dans cette drôle de région qu'est la Lorraine. Merci pour l'accueil initial et les années suivantes !

# SERMENT

« **A**u moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque ».

# Table des matières

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Introduction.....                                        | 22 |
| 1. Introduction .....                                    | 22 |
| 2. L'arthrose de cheville.....                           | 23 |
| A. Epidémiologie .....                                   | 23 |
| B. Diagnostic .....                                      | 24 |
| C. Traitements .....                                     | 25 |
| D. Les orthèses.....                                     | 30 |
| 3. L'orthèse suro-pédieuse rigide .....                  | 34 |
| A. Indications .....                                     | 34 |
| B. Fabrication.....                                      | 34 |
| C. Utilisation .....                                     | 37 |
| 4. La méthodologie Single Case Experimental Design ..... | 38 |
| A. Généralités .....                                     | 38 |
| B. Les types de SCED.....                                | 39 |
| C. Caractéristiques du critère de jugement .....         | 41 |
| D. La randomisation .....                                | 41 |
| E. Interprétation des résultats.....                     | 42 |
| F. Qualité méthodologique du SCED .....                  | 42 |
| G. Comment réaliser une étude SCED ?.....                | 42 |
| Article .....                                            | 43 |
| Conclusion .....                                         | 58 |
| Bibliographie .....                                      | 59 |

# Introduction

## 1. Introduction

La cheville est l'articulation du corps humain la plus souvent en cause dans les traumatismes articulaires<sup>1,2</sup>. Les traumatismes de cheville exposent à moyen et long terme à la survenue secondaire d'arthrose de cheville<sup>3</sup>.

Le traitement de l'arthrose de cheville est hiérarchisé selon une stratégie. L'arthrodèse tibio-talienne, qui en est le gold standard<sup>2,4</sup>, est proposé en dernier recours. Chaque intervention chirurgicale comporte des risques, qu'ils soient généraux (complication de l'anesthésie, hémorragie per opératoire...) ou spécifiques (infection du site opératoire, absence de fusion osseuse post arthrodèse...). C'est dans la prévention de ces risques que réside l'importance d'un traitement non chirurgical bien mené.

La place de l'appareillage dans le traitement de l'arthrose de cheville est admise mais celui-ci reste peu utilisé. L'orthèse suro-pédieuse rigide en carbone utilisée à Nancy, appelée communément orthèse de simulation d'arthrodèse, semble avoir une bonne efficacité sur la réduction des douleurs de cheville à la marche. Dans le centre de Nancy, où ce dispositif est fréquemment utilisé, les patients semblent en être satisfaits. Certains patients préférant celui-ci aux dépens du traitement chirurgical (par confort, peur des complications opératoires, peur du caractère définitif de la chirurgie ou par contre-indication chirurgicale).

Le chapitre d'introduction a pour but présenter les données actuelles concernant l'arthrose de cheville. Nous nous intéresserons premièrement aux différentes étiologies, au diagnostic et aux différents traitements de celle-ci. Dans une seconde partie nous introduirons l'orthèse suro-pédieuse rigide utilisée à Nancy. Dans une troisième partie nous présenterons la méthodologie de l'article, en étude expérimentale en cas unique (Single Case Experimental Design : SCED). Un article (soumis dans les *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*) dont l'objectif est d'étudier les effets d'une orthèse suro-pédieuse rigide sur les douleurs de cheville à la marche chez les patients atteints d'arthrose de cheville, grâce à la méthodologie SCED, sera ensuite proposé. Puis nous conclurons ce travail dans une dernière partie.

## 2. L'arthrose de cheville

### A. Epidémiologie

L'arthrose est la maladie articulaire la plus fréquente. Elle touche le cartilage mais aussi la membrane synoviale et l'os sous-chondral. Elle entraîne une invalidité croissante à l'origine d'une morbidité majeure dans les pays développés. Sa prévalence importante (toute localisation confondue, un adulte sur deux souffre d'arthrose symptomatique après soixante ans) est à l'origine d'un coût médico-économique considérable, estimé à environ 1 milliard d'euros en France<sup>5</sup>. Les atteintes arthrosiques les plus fréquentes aux membres inférieurs sont la coxarthrose et la gonarthrose<sup>6</sup>. Entre quarante et soixante-quinze ans, la prévalence de la coxarthrose symptomatique en France est de l'ordre de 1 à 5 % de la population, avec une légère prédominance féminine. La gonarthrose, elle, touche 2 à 10 % des hommes et 3 à 15 % des femmes en France (cohorte KHOALA)<sup>5</sup>.

L'arthrose de cheville ou arthrose tibio-talienne, touche approximativement 1% de la population mondiale, soit approximativement 9 fois moins que la gonarthrose et la coxarthrose<sup>1,3</sup>. Elle survient essentiellement secondairement à un traumatisme local (65-80% de forme post-traumatique). L'arthrose primitive de cheville est, elle, beaucoup plus rare (contrairement à la coxarthrose et à la gonarthrose). Elle concerne des sujets plus âgés, est significativement moins douloureuse et réduit significativement moins les amplitudes articulaires qu'en cas d'arthrose post traumatique<sup>2</sup>. Les arthroses secondaires de cheville sont dominée par les traumatismes de cheville (environ 65-80%), puis dans 13% des cas sont secondaires à une maladie générale (polyarthrite rhumatoïde, hémochromatose, hémophilie...)<sup>3</sup>.

Les traumatismes de cheville qui sont à l'origine d'arthrose de cheville sont multiples<sup>1-4</sup>:

- les traumatismes de cheville (surtout les fractures malléolaires à 39%),
- les fractures du pilon tibial,
- les lésions ostéochondrales,
- les entorses (13-16% des arthroses post-traumatiques sont secondaires à une ou plusieurs entorses de cheville)<sup>7</sup>.

En cas de fracture, il peut y avoir une évolution dégénérative malgré une bonne réduction du foyer de fracture<sup>3,7</sup>. La sévérité de l'atteinte traumatique initiale est parfois corrélée à la sévérité de l'arthrose ou à la période de latence (entre le traumatisme et le début des symptômes d'arthrose). Une période de latence plus faible est retrouvée en cas d'entorse sévère et unique par rapport à des entorses bénignes répétées<sup>7</sup>. Le temps de latence en cas d'entorse sévère est similaire à celui après fracture du pilon tibial.

C'est dans cette hétérogénéité de la population touchée par l'arthrose de cheville que résident les difficultés d'un traitement adapté à chaque sujet.

### **B. Diagnostic**

Les manifestations cliniques de l'arthrose de cheville sont des limitations d'amplitude de l'articulation tibio-talienne ainsi que des douleurs mécaniques à la marche<sup>2</sup>. La douleur est le symptôme qui amène le plus souvent les sujets à consulter. Il peut exister, comme dans les autres manifestations arthrosiques, des poussées congestives articulaires, responsables de douleurs et de signes inflammatoires locaux<sup>5</sup>.

Dans ce contexte il est nécessaire de rechercher des troubles statiques et dynamiques de la cheville et du pied, éléments qui seront importants à prendre en charge sur le plan thérapeutique<sup>3,4</sup>. Leur recherche est clinique avec l'examen des empreintes podoscopiques, et radiographique, par la recherche de désaxation de l'arrière-pied grâce à la mesure de l'angle de Meary (valgus physiologique de 5-7°).

Le diagnostic paraclinique de l'arthrose tibio-talienne repose sur la radiographie qui représente le gold standard<sup>1,2</sup>. Le score de Kellgren-Lawrence a été choisi par l'Organisation Mondiale de la Santé comme le gold standard pour la cotation radiographique de l'arthrose: ostéophyte, pincement localisé de l'espace articulaire, géodes sous chondrales et ostéocondensation<sup>8</sup>. Ce score (Figure 1) a été validé dans le diagnostic radiologique de l'arthrose de cheville, avec une bonne corrélation entre la sévérité de l'atteinte radiologique et le retentissement clinique.

| Original K&L scale |                                                     |
|--------------------|-----------------------------------------------------|
| K&L scale          |                                                     |
| 1.                 | Minute osteophyte of doubtful significance          |
| 2.                 | Definite osteophyte, joint space unimpaired         |
| 3.                 | Moderate diminution of joint space                  |
| 4.                 | Joint space greatly impaired, subchondral sclerosis |

*Figure 1. Score de Kellgren & Lawrence.<sup>8</sup>*

Les autres examens d'imagerie, tels Scanner et IRM n'ont pas leur place en première intention dans le diagnostic de l'arthrose de cheville<sup>8</sup>. Cependant le scanner et arthroscanner de cheville permettent une évaluation plus précise de l'atteinte ostéo-articulaire, en particulier la quantification de l'épaisseur du cartilage<sup>1</sup>. Le scanner permet une meilleure appréciation des modifications post-traumatiques de l'articulation tibio-talienne, des pseudarthroses et a un intérêt particulier dans les

déformations sévères. Il a également une place de choix dans le bilan pré-chirurgical. L'IRM n'est pas utilisée dans le diagnostic d'arthrose de cheville mais permet de s'intéresser aux tissus mous environnants. Elle peut permettre une exploration des lésions ostéochondrales du talus ainsi que des lésions ostéochondrales très focales<sup>1</sup>.

### ***C. Traitements***

Les objectifs de tous les traitements sont la diminution des douleurs mécaniques à la marche et la stabilisation voire l'amélioration des performances fonctionnelles. En voici la stratégie thérapeutique<sup>1,2,4</sup>.

#### *En première intention*

Les traitements de première intention sont non médicamenteux et médicamenteux. En premier lieu résident les règles hygiéno-diététiques (RHD)<sup>2,4</sup>:

- Modification des activités avec mise en place d'activités physiques adaptées régulières, éviter les terrains irréguliers (en cas d'arthrose sous-talienne associée),
- Perte de poids en cas de surpoids ou d'obésité.

Celles-ci sont associées à un traitement symptomatique avec des antalgiques adaptés et les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS)<sup>2,4,9</sup>.

Les AINS per os doivent être utilisés avec tact et mesure du fait de leurs nombreux et sévères effets indésirables. Ils sont, gastro-intestinaux avec des reflux gastro œsophagiens, ulcères, perforations menant à des hémorragies digestives hautes, induits par les AINS non sélectifs et les sélectifs de l'inhibition de la COX-2. Les effets cardio-vasculaires sont représentés par les infarctus du myocarde et accidents vasculaires cérébraux hémorragiques, induits préférentiellement par les AINS non sélectifs. Les AINS non sélectifs et les sélectifs sont responsables d'effets indésirables rénaux, syndromes néphritiques, syndromes néphrotiques, nécroses papillaires, hyperkaliémies, insuffisances rénales aiguës et chroniques. En raison de ces effets indésirables, la balance bénéfique/risque est en faveur d'une utilisation raisonnée et limitée des AINS oraux, après s'être assuré de l'absence d'antécédents cardio-vasculaires, gastro-intestinaux et rénaux. Pour ces raisons, il doit leur être préféré les AINS topiques quand l'atteinte arthrosique est localisée. Ils doivent être utilisés pendant les poussées congestives d'arthroses et non au long cours<sup>9</sup>.

En théorie, en cas de persistance des douleurs malgré les RHD et les AINS vient la place de l'appareillage<sup>2,4</sup> avec différents types d'orthèses décrites<sup>10,11</sup>. Le principe essentiel étant celui du blocage mécanique de l'articulation douloureuse. Nous reviendrons dans le paragraphe 2.D sur celles-ci.

### *En deuxième intention*

Après l'échec des RHD et AINS, les injections intra articulaires tibio-taliennes de corticoïdes ont une place bien admise dans la prise en charge symptomatique de l'arthrose de cheville avec retentissement fonctionnel<sup>2,4,9</sup>. Elles peuvent également avoir un rôle de test diagnostique. En effet, une réduction des douleurs dans les suites d'une infiltration de cheville est en faveur du diagnostic d'arthrose tibio-talienne.

Les injections intra articulaires d'acide hyaluronique ont, elles, une place plus discutée actuellement. Thiago Batista Faleiro, dans sa revue de la littérature, retrouve une efficacité significative sur la fonction dans 3 études sur 5 mais sans supériorité par rapport aux autres thérapeutiques conservatrices<sup>12</sup>.

Les injections intra articulaires peuvent se compliquer d'arthrite septique iatrogène (possiblement gravissime), puis viennent les risques de lésion cartilagineuse et de dépigmentation cutanée permanente au site d'injection<sup>1,4</sup>.

### *En troisième intention*

Les traitements chirurgicaux conservateurs, tels que l'arthroscopie-lavage de cheville, les ostéotomies correctrices et l'arthroplastie de distraction peuvent être proposées selon l'indication<sup>4,13,14</sup>.

L'arthroscopie de cheville peut être indiquée en cas de lésions dégénératives à un stade précoce ou de lésions ostéochondrales. Elle permet l'ablation d'ostéophytes en cas de conflit localisé. Ces indications sont limitées et elle ne doit pas être proposée à tous les patients. Avoir moins de 2 lésions intra articulaires et un Index de Masse Corporelle (IMC) inférieur à 25kg/m<sup>2</sup> semblent en être les principaux facteurs de bon pronostic<sup>13</sup>.

Les ostéotomies correctrices sont indiquées en cas de trouble de la statique à type de varus/valgus<sup>2</sup> de l'arrière pied (55% de varus, 37% axe normal, 8% de valgus<sup>3</sup>). Il s'agit d'ostéotomies supra malléolaires permettant la correction du trouble de la statique responsable de l'arthrose tibio-talienne.

L'arthroplastie de distraction consiste en une arthroscopie avec débridement et pose d'un fixateur externe pour appliquer une force de distraction sur l'articulation<sup>4,14</sup>. L'objectif de ce traitement est d'augmenter l'espace articulaire d'environ 5 millimètres. Le fixateur externe est porté sur une durée totale de 10 à 15 semaines avec appui total autorisé sur le fixateur dès 15 jours post opératoires. Ce traitement conservateur peut être indiqué dans l'arthrose de cheville modérée.

Les complications de ces traitements chirurgicaux sont essentiellement infections superficielles et profondes et les retards de cicatrisation.

### *En dernière intention*

Les deux traitements chirurgicaux de dernière intention de l'arthrose tibio-talienne ne sont pas conservateurs. *L'arthrodèse tibio-talienne* est admise comme en étant le gold standard<sup>2,4,15,16</sup> et *l'arthroplastie totale de cheville* est de plus en plus fréquemment utilisée depuis l'arrivée des prothèses de 3<sup>e</sup> génération<sup>2,4,16-18</sup>.

### L'arthrodèse tibio-talienne (ATT)

Cette intervention a pour objectif la fusion osseuse entre l'extrémité inférieure du tibia et le talus. Un des facteurs primordiaux de sa réussite sur la diminution des douleurs est la position dans laquelle elle est réalisée. La position de 0° de flexion, 5° de valgus d'arrière pied et 5 à 10° de rotation externe paraît être la plus adaptée<sup>2,4</sup>. Ce geste permet une bonne réduction des douleurs et donc une amélioration fonctionnelle. Elle peut être réalisée à ciel ouvert ou bien par arthroscopie. L'arthroscopie doit être préférée chez les patients avec une faible déformation (jusque 15° de varus ou valgus dans le plan coronal) et/ou en cas de risque plus important de cicatrisation (traitement immunosuppresseur, diabétique, polyarthrite rhumatoïde)<sup>4</sup>. La ATT peut être réalisée de façon isolée ou bien être associée à l'arthrodèse de l'articulation sous-talienne. Dans les suites chirurgicales, un plâtre suro-pédieux est mis en place pour une durée de 6 semaines, une décharge d'appui complète est nécessaire pour permettre la bonne fusion osseuse. La décharge d'appui doit être progressivement levée à raison d'une reprise d'appui d'environ 10% du poids du corps toutes les 2 semaines. Cependant la levée complète de la décharge d'appui peut être réalisée quand la fusion osseuse est évidente à la radiographie<sup>4</sup>.

L'efficacité clinique du geste chirurgical peut être évaluée par l'échelle AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society). Cette échelle clinique<sup>19</sup>, considérant la douleur, l'activité, les amplitudes articulaires et l'anatomie statique du pied et de la cheville, permet de définir plusieurs catégories de réponses fonctionnelles au traitement (Excellent, bon, plutôt bons et mauvais)<sup>16</sup>. La méta analyse de Haddad & al<sup>16</sup>. retrouve que le score AOFAS moyen était de 75.6 points (c'est-à-dire bon). Il retrouve que 31% des sujets avaient des résultats excellents, 37% avec de bons résultats, 13% de plutôt bons résultats, et 13% avaient de mauvais résultats. Il y avait une moyenne de 9% de reprises chirurgicales, essentiellement due à des pseudarthroses (65%). Etaient notés également 5% d'amputations trans-tibiales<sup>16</sup>. Le taux moyen de fusion osseuse après arthrodèse de cheville à

ciel ouvert est de 89% (entre 64 et 100% selon les études) et de 94% (entre 70 et 100%) par arthroscopie<sup>4</sup>.

Le blocage mécanique de l'articulation tibio-talienne est responsable de modification du schéma de marche avec des modifications des pressions subies par l'ensemble du pied. Grâce à une analyse de modélisation 3D, le membre inférieur avec arthrodèse de cheville subit un pic de pressions plantaires plus importantes et antérieures par rapport au pied sain. Il existe également une majoration des pressions subies par les articulations talo-naviculaire et celles des 3 premiers rayons. Ce qui peut expliquer l'apparition, à distance, de pathologies dégénératives de l'avant pied<sup>15</sup>. L'analyse 3D de la marche en analyse quantifié du mouvement retrouve également des modifications : La force de réaction du sol est avancée en appui bi-podal, le décollement du talon apparaît plus tôt et est associé à moins de pente tibiale antérieure. Ces modifications ne sont pas significatives mais se majorent avec l'accélération de la vitesse de marche<sup>20</sup>.

Il existe également des effets cliniques, ressentis par le patient, du blocage de l'articulation tibio-talienne. En effet le sujet peut ressentir une perturbation du schéma de marche<sup>15</sup>, des gênes lors de la descente d'escaliers, pour la conduite automobile, pour enfiler ses chaussures et pour la position accroupie. La gêne à la marche sur terrain irrégulier peut être présente en cas de blocage associé de l'articulation sous-talienne.

L'arthrodèse tibio-talienne est donc une solution thérapeutique avec de bons résultats dans les atteintes sévères mais conduit à une altération du schéma de marche<sup>15,20</sup>.

### L'arthroplastie totale de cheville

La prothèse totale de cheville (ou PTC) permet une diminution importante des douleurs, et une récupération des amplitudes articulaires de flexion/extension de cheville<sup>16-18</sup> (0 à 20° de dorsiflexion et 10 à 40° de flexion plantaire<sup>17</sup>). Les premières générations de prothèse de cheville ont été utilisées entre 1960 et 1980, les prothèses de deuxième génération étaient utilisées de 1980 aux années 2000, enfin celles de troisième génération de 2000 à aujourd'hui<sup>18</sup>.

L'Association Française de Chirurgie du Pied a émis en 2017 un registre national des prothèses totales de cheville<sup>21</sup>. Entre 2012 et 2017, 2776 prothèses totales de chevilles ont été posées en France, avec 1164 prothèses Salto Talaris- XT® (Société Tornier), 895 Salto patin mobile® (Société Tornier), 509 Hintegra® (Société Hintegra), 160 Star® (Société Stryker) et 48 Akile® (Société Iceram)<sup>21</sup>. Entre juin 2016 et juin 2017, plus de 70% des prothèses posées en France étaient des Salto Talaris-XT®.

Leur mise en place est indiquée en cas d'arthrose tibio-talienne sévère. Idéalement en cas de cheville axée encore relativement mobile et en cas de contre-indication à l'arthrodèse (atteinte bilatérale, atteinte du couple de torsion et/ou atteinte du genou). Les prérequis nécessaires avant une mise en place de prothèse totale de cheville sont la présence d'un lit vasculaire en bon état et des tissus mous sous-jacents sains. Ses contre-indications sont nombreuses : une infection en cours, une ostéonécrose du talus, une désaxation sévère de l'arrière pied, une laxité sévère et une atteinte neurologique<sup>2</sup>.

Concernant l'efficacité de l'arthroplastie, Haddad & al.<sup>16</sup> retrouve que le score AOFAS moyen était de 78.2 points en post-opératoire (bons résultats). Les résultats de la méta analyse retrouvaient également 38% des patients traités par PTC avaient d'excellents résultats, 30.5% avaient de bons résultats, 5.5% de plutôt bons résultats et 24% de mauvais résultats<sup>16</sup>. Les taux de survie de la prothèse (période sans reprise chirurgicale pour changement de tout ou d'une partie du matériel<sup>18</sup>) à 2 ans sont de 94%<sup>18</sup>, 78-87% à 5 ans<sup>16,18</sup> et 77-81% à 10 ans<sup>16,18</sup>, toutes marques confondues. Le taux de reprise chirurgical était de 7% (IC 95%, 3.5% à 10.9%) avec comme principale raison le descellement de la prothèse (28%). Une amputation trans-tibiale devait être réalisée chez 1% des sujets<sup>16</sup>.

Ses principales complications sont le descellement aseptique, le mauvais alignement et l'infection du site opératoire<sup>2</sup>. Les principaux motifs de reprises chirurgicales sont les douleurs, les troubles de cicatrisation, les raideurs, une infection, et la migration de l'implant<sup>21</sup>. La reprise chirurgicale est un geste compliqué, qui peut aller jusqu'à nécessiter une dépose totale de la prothèse (1.4% des cas<sup>21</sup>). Un changement prothétique complet peut être réalisé ou bien dans les cas les plus compliqués une arthrodèse tibio-talienne ou tibio-talo-calcaneenne (avec possiblement une période avec mise en place d'un spacer temporaire avant l'arthrodèse)<sup>21</sup>.

La PTC est un geste complexe et doit être réalisée par un chirurgien expérimenté. Il n'y a pas de différence de devenir pour les arthroplasties dans un contexte d'arthrose primitive ou post-traumatique<sup>17,18</sup>.

PTC et ATT sont des traitements efficaces de l'arthrose de cheville sévère. La littérature ne permet pas, actuellement, de sortir de consensus permettant de préférer l'un ou l'autre pour la population générale. Le traitement doit être choisi au cas-par-cas<sup>22-24</sup>.

En cas de neuropathie avec atteinte proprioceptive, ou atteinte superficielle ainsi qu'en cas de diabète l'arthroplastie doit être évitée. Ceci en raison du risque de lésion cutanée pouvant se compliquer d'arthrite septique<sup>23</sup>. Chez les sujets très actifs avec de fortes sollicitations au niveau de la cheville l'arthrodèse doit être préférée.

Pour les sujets présentant une pathologie dégénérative de l'arrière pied ipsilatéral une arthroplastie devrait être préférée. En effet limiter la mobilité de cheville majore le stress au niveau de l'arrière pied, ce qui pourrait accélérer l'évolution des pathologies dégénératives. Les sujets ayant une arthrodèse de la cheville controlatérale doivent plutôt bénéficier d'une PTC<sup>23</sup>. En effet la modification du schéma de marche est plus importante en cas d'arthrodèse des 2 chevilles. En particulier pour la marche sur terrains accidentés.

Actuellement, l'arthrodèse tibio-talienne reste l'intervention de référence dans l'arthrose sévère du sujet jeune<sup>2,4,16</sup>. Cependant, ces dernières années, les poses de prothèse totale de cheville sont de plus en plus fréquentes. Les complications post-opératoire à court terme sont devenues significativement moins fréquentes qu'en cas de ATT<sup>25</sup> et le taux de survie des prothèses a augmenté avec l'apparition de la 3<sup>e</sup> génération de prothèse. De ce fait, dans les années à venir le PTC pourrait devenir le nouveau gold standard dans cette indication.

#### ***D. Les orthèses***

Les orthèses sont proposées en cas d'échec partiel ou total des mesures physiques et des traitements médicamenteux ainsi qu'en cas de contre-indication ou de refus des traitements chirurgicaux<sup>2,4</sup>.

Il est présenté dans différentes études les nombreux types d'orthèses pour cette indication :

Le « rockers sole » (semelle bateau) et « solid-ankle cushion-heel » (SACH, pente talonnière), sont les modifications externes de chaussage les plus fréquemment prescrites. Ces modifications ont un intérêt en cas de lésions dégénératives de l'avant et/ou de l'arrière-pied. En effet le rocker sole permet de simuler la dorsiflexion globale du pied<sup>1,26,27</sup>. Il n'existe pas d'étude sur leur efficacité sur les douleurs à la marche.

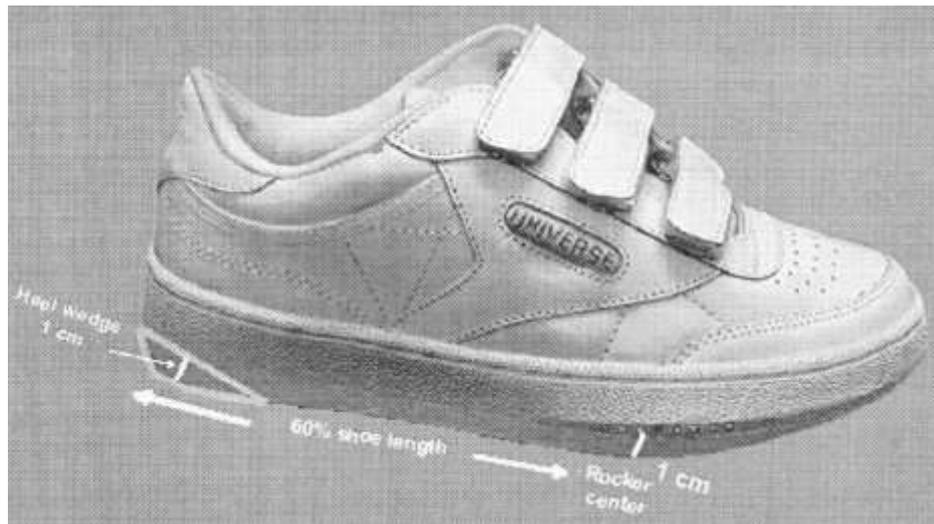


Figure 2 Rocker sole et SACH<sup>27</sup>

Bono & al.<sup>28</sup> et Shine & al.<sup>29</sup> retrouvent que l'orthèse suro-pédieuse sur mesure est la meilleure alternative pour viser l'immobilisation de la cheville dans l'arthrose de cheville. La forme typique comprend une coque talonnière avec des contreforts médiaux et latéraux pour envelopper l'arrière pied. Elle est située sur la face postérieure de jambe et sa limite distale se situe après l'articulation médio-tarsienne.



Figure 3 : Orthèse suro-pédieuse sur mesure<sup>28</sup>

Si l'orthèse suro-pédieuse sur mesure est admise comme gold standard, rien n'est défini pour son matériau. Le cuir est beaucoup plus confortable, plus agréable au contact de la peau que le plastique mais ne peut être nettoyé, contrairement à ce dernier. De plus le cuir se déforme de lui-même et s'adapte ainsi parfaitement à la morphologie du patient et aux contraintes (appui, pression, ...). Par contre, si le plastique requiert des adaptations successives par chauffage, le cuir demande beaucoup de temps de travail et un savoir-faire particulier, aussi bien pour le choix et le traitement du cuir initialement, que pour la réalisation des pièces (cf. HAS avis de la commission 2002). Du fait des déformations du cuir, il ne permet pas une immobilisation articulaire complète et n'est pas au mieux adapté dans cette indication.

Saltzman & al.<sup>11</sup> a étudié l'efficacité d'une orthèse suro-pédieuse en cuir sur l'efficacité des douleurs à la marche. La polyarthrite rhumatoïde, l'instabilité de cheville et l'instabilité sous-talienne étaient étudiées. L'interrogatoire retrouvait une diminution des douleurs sans disparition de celles-ci.



Figure 4 : Orthèse suro-pédieuse en cuir<sup>11</sup>

Une orthèse suro-pédieuse dont le but est l'immobilisation de la cheville doit avoir une rigidité importante pour éviter la dorsiflexion de cheville. C'est du matériau utilisé et des limites de l'orthèse dont dépend cette rigidité. La fibre de carbone est d'utilisation courante pour ces orthèses, elle permet une rigidité et une résistance importantes, selon l'épaisseur donnée à l'orthèse (adaptable à la taille et au poids du sujet). La fibre de carbone permet également une restitution d'énergie mais qui ne nous intéresse pas dans cette indication.

Peu d'articles ont étudié l'efficacité des orthèses dans l'arthrose de cheville<sup>10,11</sup>.

Yu-Chi Huang<sup>10,30</sup> & al. a comparé la marche, chez le sujet sain et des sujets atteints d'arthrose, avec 3 types d'orthèses suro-pédieuses : une orthèse suro-pédieuse (Ankle Foot Orthosis AFO) (allant du creux poplité jusqu'aux têtes métatarsiennes), une orthèse rigide de stabilisation de l'arrière pied (de mi-mollet jusqu'à l'articulation de Chopart) et une orthèse articulée au niveau de l'arrière pied permettant des mouvements de flexion/extension de cheville. La restriction de mouvement dans plusieurs conditions (marche sur terrain plat, descente et montée d'escalier) a été mesurée en analyse quantifiée du mouvement, chez 13 sujets souffrant d'arthrose tibio-talienne et chez 10 sujets souffrant d'arthrose sous-talienne. Aucune orthèse n'immobilise complètement l'arrière-pied sans retentissement sur l'avant-pied. L'orthèse rigide de stabilisation de l'arrière-pied permet une meilleure mobilité de l'avant pied sur surface plane et en descente d'escalier, avec une restriction de mouvement de l'arrière-pied similaire à l'AFO. Cette orthèse est la plus adaptée à la prise en charge de l'arthrose tibio-talienne et sous-talienne, car elle permet de garder une bonne fonction grâce à une mobilité de l'avant-pied conservée tout en maintenant la cheville et l'arrière-pied. Cette mobilité résiduelle du complexe pied-cheville permet un déroulement du pas à la marche.



Figure 5 : De gauche à droite: Orthèse AFO, Stabilisation rigide de l'arrière pied et AFO articulée<sup>10,30</sup>

L'efficacité des orthèses sur la douleur à la marche dans l'arthrose de cheville n'a jamais été étudiée dans la littérature. Une « orthèse fonctionnelle de pied » (semelle orthopédique sur mesure pour rectifier valgus ou varus) a été étudiée chez des sujets souffrant d'arthropathie hémophilique<sup>31</sup> avec une bonne efficacité retrouvée.

Dans le centre de rééducation de Nancy, l'orthèse suro-pédieuse rigide aussi appelée « orthèse de simulation d'arthrodèse » est de pratique courante dans la prise en charge de l'arthrose tibio-talienne. Aucune étude n'a été réalisée sur celle-ci, pour évaluer son efficacité de manière scientifique.

### 3. L'orthèse suro-pédieuse rigide

#### A. Indications

L'orthèse utilisée à Nancy (IRR : Institut Régional de Rééducation) chez des sujets souffrant d'arthrose tibio-talienne sévère est une orthèse suro-pédieuse, rigide, réalisée sur mesure en fibre de carbone. Celle-ci permet le blocage mécanique des articulations tibio-talienne et sous-talienne. Ces indications sont les pathologies responsables de douleurs mécaniques de la cheville à la marche :

- Les manifestations arthrosiques tibio-talienne et sous-talienne primitives ou secondaires,
- Les douleurs résiduelles dans les suites de traumatismes isolés ou complexes, compliquées ou non d'un syndrome douloureux régional complexe de la cheville et de l'arrière pied,
- Les ostéonécroses et ostéochondrites taliennes,
- Les douleurs résiduelles après arthrodèse chirurgicale en cas de non-union osseuse (pseudarthrodèse).

L'orthèse de simulation d'arthrodèse peut être prolongée sur toute la longueur du pied si besoin (en cas de pathologie douloureuse du médio- ou de l'avant-pied associée).

#### B. Fabrication

La première étape est le moulage réalisé sur la jambe du patient. Il s'agit d'un moulage plâtré, la limite proximale étant à 2-3 cm en dessous de la tubérosité tibiale antérieure et la limite distale se situe en arrière des têtes métatarsiennes. La position choisie du talon et de la cheville est celle de l'antalgie en position debout en charge, en privilégiant une flexion plantaire d'environ 10°. Le moulage doit être pris dans une position corrigée et indolore qui aura été repérée auparavant en position debout, généralement avec une faible flexion plantaire. Sur le moulage sont repérés les appuis antérieurs (antéro médial et antéro latéral) en regard du tibia. Sont repérées également les surfaces osseuses qui seront protégées pour éviter les conflits entre l'orthèse et le pied.

Grâce au moulage, un positif en plâtre est réalisé (cf photos 1 et 2). Sur ce positif est réalisé un travail de forme : ajout du plâtre de recharge (ici en bleu sur le photo 3) sur les zones osseuses à risque de conflit. Ensuite vient le lissage du positif (cf photo 4).

Un thermoformage des mousses est réalisé sur le positif, qui seront situées entre l'appareil définitif et la peau du patient, aux endroits les plus à risque de blessures ainsi que pour permettre un confort optimal de l'appareil. En pratique celles-ci sont le plus souvent situées en regard de la crête tibiale et sous le pied.

Vient enfin la stratification du carbone sur le positif (cf photo 5). On positionne sur le positif des bandes de fibres de carbone de différents maillages, selon la résistance que l'on veut donner à l'appareil et selon le poids et la taille du sujet. On peut y adjoindre d'autres constituants, comme le mat de verre (rigidifiant) ou le kevlar (indéchirable), en fonction du résultat souhaité. Puis la résine est coulée sur les strates de fibres de carbone pour les durcir (cf photo 6).

Une fois la résine prise, on casse le positif pour en sortir l'appareil en fibre de carbone. L'appareil est découpé et poncé puis on y fixe les mousses thermoformées et le système de sanglage postérieur. Il peut y être associé une semelle orthopédique avec des éléments correcteurs, qui sera fixée à l'intérieur de l'orthèse de simulation d'arthrodèse. Ceci doit être prévu auparavant puisque la résine est réalisée sur plâtre + mousse ou bien plâtre + mousse + semelle.

La dernière étape de fabrication est la livraison de l'orthèse au patient où des ajustements peuvent encore être apportés (cf photo 7). Il y est associé une rééducation à la marche ainsi que des conseils d'utilisation et d'entretien.



Photo 1 : Moulage en bandes plâtrées



Photo 2 : Positif en plâtre



Photo 3: Recharge et travail de forme



Photo 4: Positionnement des mousses



Photo 5: Stratification du carbone



Photo 6 : Coulage de la résine



*Photo 7 : vue de face, vue arrière, vues de profil lors de la livraison de l'orthèse.*

### **C. Utilisation**

Les conditions de port de l'orthèse sont variées et adaptées à la symptomatologie et au mode de vie du sujet. Du fait de la diversité des patients, de leur pathologie et de leurs activités et attentes, il existe de nombreuses modalités de port. Elle peut être portée quotidiennement tout au long de la journée, en cas de poussée congestive arthrosique, ou encore seulement en cas de sollicitation particulièrement importante anticipée (journée de travail, marche sur de longues distances, randonnée...).

Le blocage mécanique de la cheville peut entraîner des difficultés lors de certaines activités, en particulier lors de la descente d'escaliers, la position accroupie, pour enfiler des chaussures montantes, la conduite, la course. Le blocage de l'articulation sous-talienne entraîne des difficultés à la marche en terrain irrégulier. Ses effets secondaires mécaniques peuvent être comparables à ceux de l'arthrodèse chirurgicale mais ont comme intérêt d'être strictement résolutifs au retrait de l'orthèse. Il peut également exister un conflit entre l'orthèse et la peau (blessure, allergie) et ceci nécessite une modification de l'appareillage dans les meilleurs délais.

L'orthèse suro-pédieuse rigide est fréquemment utilisée dans le centre de Nancy, où elle semble avoir une bonne efficacité sur la diminution des douleurs à la marche. Cependant cette efficacité n'a jamais été étudiée. Une méthodologie adaptée au faible nombre de sujet et à leur hétérogénéité (paramètres anthropomorphiques, différence de mode de vie et de mode de port de l'orthèse) est nécessaire pour évaluer cette efficacité.

## 4. La méthodologie Single Case Experimental Design

En rééducation, il est difficile de produire des études cliniques de haute valeur scientifique. Effectivement, les essais contrôlés randomisés (RCT) nécessitent des groupes homogènes de taille suffisante. De plus la généralisation des résultats peut rester difficile devant l'analyse de moyennes qui ne prend pas, ou très peu, en compte les sujets avec des résultats dans les extrêmes. C'est pour ces raisons qu'une méthodologie adaptée à des groupes hétérogènes, de sujets en faible nombre où chaque patient est son propre contrôle est nécessaire.

### A. Généralités

Le Single Case Experimental Design (SCED) ou étude expérimentale en cas unique, est une méthodologie spécifique de haute valeur scientifique. Cette méthodologie permet de démontrer un lien entre l'introduction d'une intervention et des résultats.

Les caractéristiques générales des SCED sont bien définies<sup>32,33</sup>:

- Il s'agit d'une étude prospective.
- Un « cas » est l'unité d'intervention. Qu'il s'agisse d'un seul sujet ou d'un groupe de sujets (classe, communauté). Où chaque cas est son propre contrôle.
- L'introduction de l'intervention (qui est la variable indépendante) est séquentielle, randomisée et programmée. Les mesures du critère de jugement sont systématiques et répétées. Ceci permet de définir les différentes phases de l'étude (phase initiale et phase d'intervention).
- Une vérification des mesures est nécessaire pour au moins 20% des mesures. Il faut au moins trois démonstrations d'effet et au moins trois mesures par phase.
- Les cas doivent être décrits un par un.

Selon l'OCEBM (Oxford Centre for Evidence-Based Medicine), une revue systématique d'études SCED présente un niveau de preuve équivalent à celui d'une revue systématique d'études contrôlées randomisées c'est à dire d'un niveau 1 (<https://www.cebm.net/wp-content/uploads/2014/06/CEBM-Levels-of-Evidence-French-2.1.pdf>).

Les SCED ont pour intérêt de n'utiliser qu'un cas, ce qui permet d'étudier des maladies ou des traitements rares. Le fait que chaque cas soit son propre contrôle permet également d'étudier des populations très hétérogènes sans perdre la spécificité de chaque sujet.

Du fait du faible nombre de cas étudiés, il paraît difficile de généraliser les résultats retrouvés. Pour prouver l'efficacité de l'introduction d'une intervention par la méthode SCED, Kratochwill & al. établit la règle du « 5-3-20 »<sup>34</sup>. Il faut prouver une possibilité de réplication des résultats, par cinq études SCED, réalisés par trois équipes de recherche différentes, portant sur une combinaison d'au moins vingt cas.

### ***B. Les types de SCED***

Il existe plusieurs type de d'étude en SCED : en introduction/retrait, en lignes de base multiples et en traitement alternant.

#### *SCED en Introduction/Retrait*

Appelés aussi N-of-1 trial ou ABAB. Ce type de SCED ne peut être utilisé qu'avec des interventions avec effet immédiat, au washout court et avec un effet on/off lors de l'intervention. Trois transitions sont obligatoires, que l'on peut effectuer de différentes manières : ABAB, ou ABACA, ou encore A(A+B)A(A+C)A. Où A est la phase « baseline» ou état de base, et B et C correspondent aux phases d'introduction de l'intervention. Ce sous-type de SCED est adapté pour étudier l'intérêt d'aides techniques (aide-mémoire, synthèse vocale...), orthèses, traitements médicamenteux (avec effet on/off seulement) ou encore des aménagements de l'environnement (domicile ou scolaire).

Quand une étude de type ABAB comporte au moins 3 sujets et des transitions randomisées, celle-ci prend le nom de « Multiple N-of-1 trial ». Ceci représente le plus haut niveau de preuve des SCED, si la méthodologie est respectée.

Ce sous-type est celui qui a été choisi pour l'article qui suivra, puisqu'il correspond le mieux à nos objectifs. La figure 6 est un exemple de présentation des résultats d'une étude SCED en introduction/retrait.

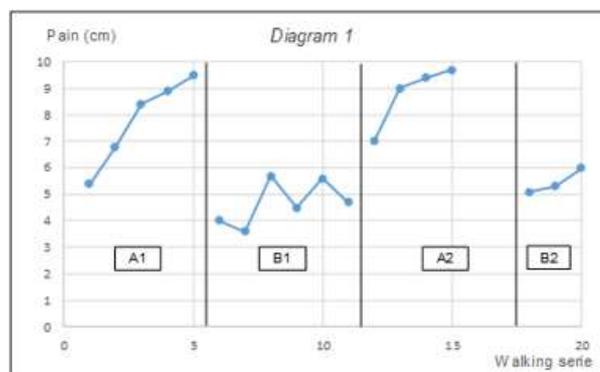


Figure 6

### SCED en traitements alternants

Comme pour les SCED en introduction/retrait l'intervention doit avoir un effet on/off, un washout court et un effet immédiat. L'introduction de l'intervention est réalisée de façon alternée avec la phase baseline, ABACADA..., où chaque intervention est reproduite de nombreuses fois. La figure 7 présente des résultats d'une étude SCED en traitement alternants (Diamond & Ottenbacher(1990)).

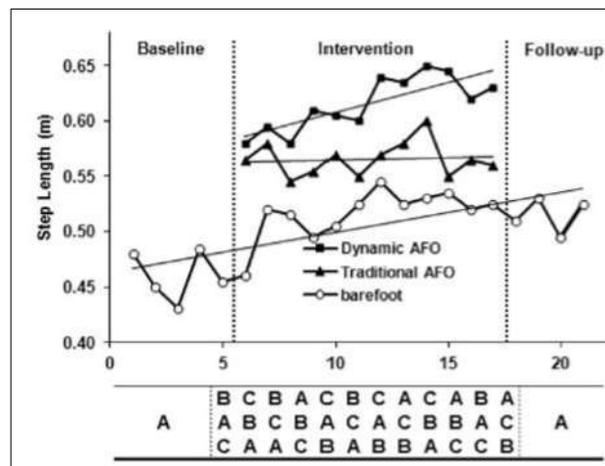


Figure 7

### SCED en lignes de base multiples

Lorsque l'intervention présente un washout long, un effet qui apparaît quelque temps après le début de la rééducation ou des changements lents alors c'est la méthodologie en lignes de base multiples qu'il faut utiliser. Il existe plusieurs sous types de SCED en lignes de base multiples : à travers les sujets, à travers les comportements et à travers les contextes :

- SCED en lignes de base multiples à travers les sujets : Au minimum 3 sujets avec une même intervention introduite de manière séquentielle. Une seule transition par sujet permet d'avoir l'effet de l'introduction de l'intervention démontré 3 fois. La différence entre les 3 sujets est le moment où commence le début de l'intervention. La figure 8 en est un exemple (Gharebaghy(2014)).
- SCED en lignes de base multiples à travers les comportements : un seul sujet est nécessaire, seul change le comportement étudié.
- SCED en lignes de base multiples à travers les contextes : un seul patient, un seul critère de jugement est mesuré, en introduisant séquentiellement une intervention dans différents contextes (par exemple des lieux variés).

Il existe des SCED en lignes de base multiples hybrides où sont combinées les lignes de base multiples à travers les sujets et à travers les comportements. Il est également possible de créer un design combiné entre SCED en traitement alternant et en lignes de base multiples.

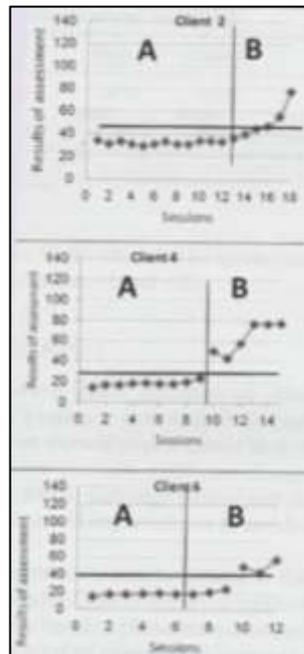


Figure 8

### ***C. Caractéristiques du critère de jugement***

Le critère de jugement doit pouvoir être répété de nombreuses fois sans effet re-test majeur. Il doit respecter le critère de fidélité inter juge, en étant suffisamment sensible au changement. La fréquence de sa mesure doit être définie et stable au long de l'étude. Il faut parfois créer sa propre mesure pour trouver un critère qui puisse répondre à la question posée.

### ***D. La randomisation***

La randomisation permet d'augmenter la crédibilité scientifique de l'étude<sup>35</sup>. Il est possible de réaliser une randomisation à plusieurs niveaux :

- La date de fin de la baseline. En sachant qu'il faut idéalement 5 points par phase mais que 3 peuvent suffire. Le grand nombre de mesures durant la baseline permet de rechercher la stabilisation de celle-ci.
- Pour les SCED en introduction/retrait : le moment du changement de phase.
- Pour les SCED en lignes de base multiples : l'ordre des patients recevant l'intervention, des contextes ou des comportements.
- Pour les SCED en traitement alternant : l'ordre des interventions.

### ***E. Interprétation des résultats***

L'interprétation visuelle des résultats a une place majeure et doit être réalisée directement, par analyse visuelle sur les graphiques<sup>36</sup>. On y analyse la moyenne (ou niveau), la tendance, la variabilité et le chevauchement au sein d'une phase et entre les différentes phases. Les analyses statistiques peuvent y avoir une place<sup>37</sup>. Il est nécessaire de présenter les résultats bruts, pour favoriser une deuxième lecture choisie par le lecteur, ainsi que pour accompagner la réalisation, a posteriori, de méta-analyses<sup>37</sup>.

Le calcul de la taille de l'effet («effect size») permet de quantifier l'effet de l'intervention. Il existe quatre méthodes pour y parvenir: calcul du PND («Percent of Non-overlapping Data»); du PAND («Percent of All Non-overlapping Data»); du PEM («Percent of data points Exceeding the Median»); et du NAP («Non-overlap of All Pairs»). Chacune de ces méthodes a ses propres intérêts et désavantages<sup>38,39</sup>.

### ***F. Qualité méthodologique du SCED***

L'échelle RoBiNT (15-items Risk of Bias in N-of-1 Trials) créée par Tate & al.<sup>40</sup> permet d'évaluer la qualité méthodologique d'une étude SCED. Les évaluations psychométriques ont montré un fort coefficient d'objectivité, ainsi qu'une forte validité de preuve. Le SCRIBE (Single-Case Reporting guideline In BEhavioural interventions)<sup>41,42</sup> est un document permettant de vérifier la qualité de l'écriture d'un article SCED.

### ***G. Comment réaliser une étude SCED ?***

Un guide pratique des études SCED a été publié en Décembre 2017 dans les Annals of Physical and Rehabilitation Medicine par Krasny et Evans<sup>43</sup>. Celui-ci permet de réaliser sa propre étude en fonction de la question posée, si cette méthodologie peut y correspondre.

La partie suivante contient le travail central de cette thèse, dont chacun des éléments a été décrit précédemment. Ce travail est une étude clinique recherchant l'efficacité d'une orthèse surpédieuse rigide chez des sujets souffrant d'arthrose de cheville sévère, et ceci en utilisant une méthodologie SCED.

Cet article a été soumis aux « Annals of physical and rehabilitation medicine ».

**Article**

## **A Single Case Experimental Design to assess the efficacy of a Rigid Ankle Foot Orthosis in ankle osteoarthritis**

Guillaume BOKOBZA [bokobzaguillaume@gmail.com](mailto:bokobzaguillaume@gmail.com), 1.2.

Dr Isabelle LOIRET [isabelle.loiretpro@gmail.com](mailto:isabelle.loiretpro@gmail.com),1.

Dr Noël MARTINET, 1.

Pr Jean PAYSANT [j.paysant@chru-nancy.fr](mailto:j.paysant@chru-nancy.fr), 1.2.

1. Institut Régional de Rééducation 75 Boulevard Lobau, 54000 Nancy, France.
2. Faculté de Médecine de Nancy, 9 Avenue de la Forêt de Haye, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy, France.

### **1. Introduction**

One percent of the world population suffers from ankle osteoarthritis (AOA), which is nine times less common than symptomatic osteoarthritis of the knee or the hip<sup>1,2</sup>. Previous trauma to the ankle joint is the most significant predisposing factor contributing to the development of AOA (65-80%)<sup>3</sup>. Primary AOA affects an older population, it is less painful and leads to more range of motion limitation than posttraumatic AOA<sup>1,2</sup>. General diseases such as rheumatoid arthritis, hemochromatosis and hemophilia<sup>2</sup> lead to 13% of AOA cases. Walking pain and functional limitations (secondary to ankle dorsiflexion/plantarflexion range of motion limitation) are the most common presenting symptoms in patients with ankle arthritis<sup>1,4</sup>. AOA diagnosis is clinical and radiological<sup>2,5</sup>.

The use of orthosis is admitted in AOA<sup>1,4,6</sup>. Several kind of braces have indication in AOA treatment. Plantar soles can be used on excessive hindfoot varum or valgum. Shoe modifications such as rocker bottom sole and solid-ankle cushion-heel can be added to assist in sagittal plane motion<sup>7,8</sup>. The custom moulded ankle foot orthosis (AFO) can be anterior, posterior or antero-posterior (e.g. boot). The material used can be leather, plastic (rigid or flexible) or carbon fiber<sup>7,9</sup>.

Huang & al find that the most suited orthosis for AOA osteoarthritis treatment is the rigid hindfoot orthosis. This orthosis provides selective restriction of the ankle-hindfoot motion, and allows sufficient forefoot motion compared to the ankle-foot orthosis<sup>6</sup>. But there are no controlled studies about the benefit of these braces in the walking pain of patients suffering from AOA. The difficulty to

develop a randomised controlled trial (RCT), the few people affected (with a heterogeneous population) and the little clinical interest of a scientific evidence, seem to be the reasons why.

In this study, we chose to use a single case experimental design (SCED) over a RCT. Indeed the aim of this study is the evaluation of the efficiency of an intervention, with few patients and the impossibility to obtain a homogenous sample of patients for a group study. The RCT needs a lot of subjects and a homogenous population. However the SCED methodology comparison is within-subject rather than between-subject and permits to examine heterogeneous and smaller population.

The aim of this study is to assess the efficiency of a rigid ankle foot orthosis (AFOR) on the walking pain in subjects who suffer from AOA. Our hypothesis is that the AFOR permits reduction of the walking pain and increases walking speed.

## **2. Method**

### **2.1 Design**

This study was a SCED in introduction and withdrawal denoted as ABAB (or multiple N-of-1 trial)<sup>10</sup>. According to the OCEBM (Oxford Centre for Evidence-Based Medicine), a multiple N-of-1 trial presents the same level of evidence as a RCT, that is to say a level 1 (The Oxford 2011 Level of Evidence). The AFOR is the treatment with an on/off effect, no wash-out period and an immediate effect. The A phase was the baseline, a walk with usual shoes and without orthosis. The B phase was the introduction of treatment, a walk with AFOR. The walking pain and the walking distance were assessed repeatedly and systematically throughout the A and B phases.

### **2.2 Participants**

The inclusion criteria were: age between 18 and 70 years old, suffering from one-sided AOA, primary or post-traumatic, being able to perform the 2 minutes walking test (2MWT). The exclusion criteria were: cardiovascular diseases, respiratory diseases which keep from performing the walking tests, neurologic or orthopaedic diseases which could affect the walk (excluding AOA), an incapacity to understand the study orders.

Subjects were recruited in outpatient podiatry clinic. They were already walking daily with AFOR. The subject's consent was researched and written secondary of enlightened information. The 3 subject's inclusions were not concurrent.

### 2.2.1 Subject 1

Subject 1 was a 28 years old man, suffering from a left lower end fibula and a talus fractures in 2010. An osteosynthesis, a syndesmosis screw and spindle in the talus were performed. In 2012 and 2015, debridement of anterior ankle osteophytes were practised regarding the occurrence of walking pain. In 2015, because of a severe post-traumatic AOA confirmed by TDM, an ankle arthrodesis was proposed but was refused by the patient.

He was 166 cm height and weighed 69 kg (BMI 25 kg/m<sup>2</sup>). There was no foot inflammatory sign. The left ankle dorsiflexion/plantarflexion ranges of motion were limited (20/5/0) and were regular on the right side. The sub-talar joint was fixed. Palpation of the lateral malleolus was painful. He wore the AFOR every day each time he wore shoes for 6 months before the study. His walking perimeter without the orthosis was limited at home. The perimeter with the AFOR was not limited, he was able to go hiking for 10-15 kilometres and to ride a bicycle without pain.

The French satisfaction questionnaire ESAT (Evaluation de la Satisfaction envers une Aide technique version 2.0) showed a total of 4.7/5, in which 5 is the maximal satisfaction.

The 2017 standing radiographs (cf Figure 1a and 1b) assessed a bilateral regular hindfoot valgus, signs of ankle osteoarthritis with narrowing joint space, subchondral sclerosis and anterior osteophytes.

### 2.2.2 Subject 2

Subject 2 was a 55 years old man who suffered from a car accident in 1983 with a complex traumatism of the left leg with fractures of the femur, the tibia, the patella and the 4 last metatarsal bones. Following this traumatism, he suffered from multiples left ankle sprains. In 2012, a scanner assessed a severe AOA. A Dwyer hindfoot valgisation osteotomy and a cuneo-metatarsal arthrodesis were performed in 2015. An ankle arthrodesis was proposed but was refused by the subject.

He was 185 cm tall and weighed 85 kg (BMI 24.4 kg/m<sup>2</sup>). There was no foot inflammatory sign. The left ankle dorsiflexion/plantarflexion ranges of motion were limited (20/0/0) and were regular on the right side. Sub-talar joints were symmetrical, the left toes were stiff. Without AFOR, he could only walk for a few meters bare foot. The walking pain appeared from the first step. With shoes his walking perimeter was 5 minutes. He often used a stick for long journeys. The maximum walking pain was 9/10 (VAS), and the minimum was 0 (strict rest in bed). He wore the AFOR every day for 1 month before the study. His walking perimeter with the AFOR rose to 2 km, with the maximum pain around 4/10.

The satisfaction questionnaire ESAT showed a total of 4.17/5.

The 2017 left foot standing radiographs (cf Figure 1c and 1d) assessed severe ankle osteoarthritis joint space narrowing, anterior and medial osteophytes.

### *2.2.3 Subject 3*

The third subject was a 52 years old man. He suffered from a right bi malleolar fracture in 2016. An osteosynthesis with plate and screws of the fibula and the tibia were performed. Secondly appeared walking pain. Radiographs and MRI showed ankle osteoarthritis which was more severe on the lateral side, inferior tibio-fibular arthritis and intra articular fragments. He received one intra articular corticoid injection, which reduced the walking pain only for 2 weeks. A total ankle arthroplasty was proposed but only a few years later.

He was 178 cm tall and weighed 92 kg (BMI 29.0kg/m<sup>2</sup>, overweight). There was no foot inflammatory sign. The right ankle dorsiflexion/plantarflexion range of motion were slightly limited (10/0/45) and were regular on the left side. Without the AFOR, he could only walk for 10 minutes before having walking pain (from 0 to 8 on a scale of 10). With the AFOR, he could walk for 20 minutes. He wore the AFOR only when he was in pain, approximatively 3 or 4 days per week and favoured the device on a hard day at work.

The satisfaction questionnaire ESAT showed a total of 4.9/5.

The 2017 right foot standing radiographs (cf Figure 1e and 1f) assessed severe ankle osteoarthritis, joint space narrowing, anterior, posterior and medial osteophytes. Inferior tibio-fibular arthritis.

### **2.3 Equipment**

The AFOR (cf Figure 2) was a rigid ankle foot orthosis made with carbon fibre. The proximal end was 2-3 cm below the anterior tibial tuberosity, the distal end was the metatarsal heads. The position for the plaster moulding was a painless standing position with small ankle plantarflexion and 5-7° of hindfoot valgus. An orthopaedic sole could be associated. Its aim was to immobilize the ankle and the sub-talus joints in a functional, unpainful position. Its prescription is a current care in our outpatient population.

### **2.4 Intervention**

The subjects performed 2MWT<sup>11</sup> at fast speed, without (A phase) and with AFOR (B phase). The number of sessions per phase were randomly varied during each of 20 sessions (by draw). The 2MWT were realised on a 30 meters hallway.

Our main outcome was the walking ankle pain on the Visual Analog Scale (VAS)<sup>12</sup> on a scale of 10 centimetres (cm). The metering of the VAS was asked to the subject at the end of each 2MWT. The second outcome was the distance walked during the 2MWT. The 2 outcomes were collected by a blind assessor and the process accuracy was controlled by the main investigator of the study.

This intervention was approved by the local ethic comity.

## **2.5 Analysis**

A visual analysis of the results, mean and the trend<sup>13,14</sup> were assessed between each phases (A1-B1-A2-B2). The Nonoverlap of All Pairs (NAP) is an indicator of performance differences between phases specific of SCED studies<sup>10,15,16</sup>. It is a nonparametric technique for measuring nonoverlap or “dominance” for two phases. The NAP summarizes data overlap between each phase A datapoint and each phase B datapoint, in turn. NAP: 0-50 correspond to no effect of the intervention, 0.50-0.65: weak effect, 0.66-0.92: medium effect and 0.93-1: strong effect<sup>15</sup>. In many cases it is a better solution than tests of mean or even median differences across phases. The NAP, confidence intervals, standard error and randomization test were realised on the following software, *Pustejovsky, J. E. & Swan, D. M. (2018). Single-case effect size calculator (Version 0.4) Web application. Retrieved from <https://jepusto.shinyapps.io/SCD-effect-sizes/>.*

The Brindley plot is a test comparing A mean to B mean for each subject which permits to assess a therapeutic effect of the intervention and to compare each subject intervention’s response<sup>17</sup>.

## **3. Results**

The NAP, confidence intervals and standard error are presented in Table 1.

### **3.1 Subject 1**

There was no undesirable event during the tests. All of the VAS pains were weaker with the AFOR compared to without. The pain trend was increasing all along the tests without AFOR, while they were stable (near to 0) with AFOR (cf Figure 3). Concerning the walking pain, as seen on Figure 4, A phase mean was more than 30% superior to B phase mean. The randomization test showed a significant reduction of walking pain in B phases ( $p = 0.025$ ).

The walking distances were greater with AFOR. The walking distances tended to increase faster with AFOR than without (cf Figure 3).

### **3.2 Subject 2**

The walking series 16 and 17, could not be realised because of the accumulated walking pain (10 on the VAS scale) without orthosis. This initial protocol change was made secondarily to the subject's demand. We assumed that the pain was maximal (10 cm) and the distance walked minimal (0 m) for series 16 and 17.

The walking pain was weaker when the subject wore AFOR. It tended to increase all along the walking series without AFOR, whereas they stayed stable with the orthosis (cf Figure 3). A phase mean was more than 30% superior to B phase mean (cf Figure 4). The randomization test showed a significant reduction of walking pain in B phases ( $p = 0.016$ ).

The walking distances were larger with the orthosis. All the walking distances were greater in the 2MWT with the orthosis than without. The walking distances tended to decrease all along the walking series without AFOR (cf Figure 3).

### **3.3 Subject 3**

There was no undesirable event during the tests. The walking pain was weaker when the subject wore the orthosis (cf Figure 3), however the pain was fluctuant all along the walking series, and whatever the phase. A phase mean was more than 30% superior to B phase mean (cf Figure 4). The randomization test showed a non-significant reduction of walking pain in B phases ( $p = 0.14$ ).

The walking distance was not different between each phase (cf Figure 3).

## **4. Discussion**

In our study, we demonstrated that the walking pain decreases significantly while wearing the orthosis for the 2 first subjects. The walking distance increases significantly while wearing the orthosis for 2 subjects. The introduction of AFOR has a strong effect<sup>15</sup> for Subjects 1 and 2, and a medium effect for Subject 3 on the decrease of the walking pain (cf Table 1). At baseline, walking pain increases all along the 2MWT of the subjects whereas the walking distance stays stable. These results prove a functional interest to the use of AFOR in symptomatic AOA to decrease pain and increase walking speed. As seen on the Brindley plot (cf Figure 4), the increase of walking pain during A phase was superior to 30% in the three subjects compared to B phase. And this despite that every subject had a very different level of walking pain. This heterogeneity is in favour of the use of a SCED.

Studies about braces in AOA do not explore walking pain. Huang & al<sup>6</sup> found that the most suited orthosis for AOA osteoarthritis treatment is the rigid hindfoot orthosis by studying the immobilization of the joints (ankle, hindfoot and forefoot) range of motion. Shine & al described

different types of braces, their fabrication details and their effects<sup>7</sup>. Bono & al described different kind of braces according to each foot and ankle joint<sup>18</sup>. But they did not explore the efficacy on walking pain. The efficacy of foot orthosis on the walking pain was only studied in ankle joint disintegration in haemophilia<sup>19</sup> and in midfoot osteoarthritis<sup>20</sup>.

One of the great interest of the orthosis compared to the other AOA treatments is the absence of severe side effects. The only orthosis's side effects are cutaneous and functional. Their prevention is possible by using the thermoformed protective foam inside the orthosis, at the riskier locations (malleolus and tibial crest) and by supervising the initial subject use. Secondary adaptations can be done in case of wound apparition.

Indeed oral nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs), which are the first intention gold standard treatment of the AOA, have several side effects that can be very harmful<sup>21</sup>. The second intention treatment is the corticosteroid intra-articular injection, which exposes to the risk of iatrogenic septic arthritis which could be extremely severe<sup>1,4</sup>. Surgical treatments (conservative or not) have numerous side effects<sup>1,4</sup>. The greatest risk of conservative surgical treatments are the superficial and deep infections, then come delayed wound healing and sequelar pain<sup>22</sup>. Ankle arthrodesis and total ankle arthroplasty are the 2 gold standard treatments of severe AOA. The most common complications of ankle arthrodesis are non-union or pseudo arthrosis, delayed union, stress fracture, painful hardware, painful subtalar joint and infections<sup>4</sup>. At long-term arthrodesis can lead to sub-talar osteoarthritis<sup>23</sup>. The most common complications of total ankle arthroplasty and reasons for failure of total ankle replacements include aseptic loosening, malalignment and deep infection. Deep infection of a prosthesis often necessitates removal of the implant, irrigation and debridement, long-term antibiotics, possible antibiotic spacer placement, and consideration of salvage options<sup>23,24</sup>. Total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis both are effective treatments of end-stage ankle arthritis but the choice must be tailored to individual patients<sup>25</sup>.

Thanks to its proximal and distal ends, AFOR immobilises the tibio-talar and the sub-talus joints. Theses immobilisations cause walking pattern modifications as C.Beyaert & al showed in their study in a population of nine subjects with ankle arthrodesis<sup>26</sup>. The ground reaction force (GRF) progression was shifted forward during mid-stance, heel-off occurred earlier and was associated with less anterior tilt of the tibia and a more posterior position of the GRF with reference to the metatarsal heads. These walking pattern modifications could be similar by wearing an AFOR which immobilizes the tibio-talar joint. There are other functional side effects such as difficulties for getting down the stairs, squatting position, putting on shoes and walking on slopes. Furthermore the difficulty to walk on irregular surface is due to the immobilization of the sub-talar joint, which is also present with this

AFOR. The walking pattern is modified compared to a healthy subject when wearing the AFOR. However subjects suffering from symptomatic AOA usually have walking pattern modification like lameness provoked by walking pain. In our opinion, the balance between benefit and risk is in favour of the use of AFOR.

Nevertheless, the subjects displayed a good satisfaction on the ESAT questionnaire which is the French version of the QUEST (Quebec User Evaluation of Satisfaction Technology)<sup>27</sup>. The Subject 1 ESAT was 4.7, 4.17 for Subject 2 and 4.9 for Subject 3. The interest is that every side effects are immediately reversible when the orthosis is removed.

The orthosis decreases the walking pain and increases the walking distance, with a very few and reversible side effects in comparison to the other AOA treatments. The AFOR has a confirmed place in the AOA management and could be proposed to every patient as an alternative or a concomitant treatment of AOA. AFOR could be used before the surgical stage and could be a good alternative to the surgical ankle arthrodesis for the patients who do not want or cannot (patients refused by the anaesthetist), benefit from the surgical option.

This study is a multiple N-of-1 trial. The SCED method quality is respected<sup>28</sup>, and the study is written according to the guidelines<sup>29</sup>. Our population (3 subjects) is heterogeneous, the comparison is within-subject, which could be done because of this specific methodology. The SCED allows researchers to focus on the case-specific treatment effect, which has a tendency to be lost in group comparison designs where the focus is on the average treatment effect across individuals.

The lack of study about orthosis treatment in AOA could be explained by methodological difficulty. The SCED methodology in introduction and withdrawal can determine whether a causal relationship exists between the wearing of the orthosis and a meaningful change in the walking pain<sup>10</sup>. In equipment studies the blindness is only possible for the assessor. This design is adapted for this study, and shows significant results. Because of its characteristics this methodology should be used more often in rehabilitation equipment studies. In this methodology the visual analysis of the results (the trend, the mean and the non-overlapping, Brindley plot)<sup>13</sup> permits a fast analysis and interpretation of the results.

This study presents few limitations.

The assessed walking pain differences for the subjects 1 and 3 are significant but lower than the clinically important change of the VAS. Indeed, the VAS clinically important change is 30.0 millimeters<sup>30</sup>.

Other studies are necessary to evaluate the residual range of motion of the ankle and the hindfoot during walking while wearing the orthosis. This could permit to assess the reality of the joint immobilization, and to compare AFOR versus surgical ankle arthrodesis efficiency, tolerance and satisfaction, but it is, at the moment, technically difficult to realize. It would allow to assess if the orthosis really is an alternative to the surgical option for the subject who suffers from severe AOA and does not want or cannot be operated.

## **5. Conclusion**

The rigid ankle foot orthosis (AFOR) decreases the walking pain in subjects suffering from ankle osteoarthritis. Furthermore the orthosis permits the increasing of the walking speed without increasing the walking pain. The efficacy of the AFOR is probably due to the good quality of ankle immobilisation, thanks to its distal and proximal ends. Other studies in single case experimental design are needed to confirm that the AFOR is efficient in AOA population. In order to generalize the efficiency of the intervention, a minimum of 5 SCED studies, conducted by at least 3 research teamwork, with at least 20 cases are needed<sup>31</sup>.

Declarations of interest: none.

## **6. Acknowledgments**

Thank you to Agata Krasny and Rumén Manolov for their help with the SCED methodology. Thank you to Bouchra Assabah for providing language help.

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## 7. Bibliography

1. Grunfeld, R., Aydogan, U. & Juliano, P. Ankle arthritis: review of diagnosis and operative management. *Med. Clin. North Am.* 98, 267–289 (2014).
2. Valderrabano, V., Horisberger, M., Russell, I., Dougall, H. & Hintermann, B. Etiology of Ankle Osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res* 467, 1800–1806 (2009).
3. Valderrabano, V., Hintermann, B., Horisberger, M. & Fung, T. S. Ligamentous posttraumatic ankle osteoarthritis. *Am J Sports Med* 34, 612–620 (2006).
4. Yasui, Y., Hannon, C. P., Seow, D. & Kennedy, J. G. Ankle arthrodesis: A systematic approach and review of the literature. *World J Orthop* 7, 700–708 (2016).
5. Holzer, N. *et al.* Radiographic evaluation of posttraumatic osteoarthritis of the ankle: the Kellgren-Lawrence scale is reliable and correlates with clinical symptoms. *Osteoarthr. Cartil.* 23, 363–369 (2015).
6. Huang, Y.-C. & *al.* Effects of ankle-foot orthoses on ankle and foot kinematics in patient with ankle osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 87, 710–716 (2006).
7. John, S. & Bongiovanni, F. Brace Management for Ankle Arthritis. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery* 26, 193–197 (2009).
8. Rao, S., Ellis, S. J., Deland, J. T. & Hillstrom, H. Nonmedicinal therapy in the management of ankle arthritis: *Current Opinion in Rheumatology* 22, 223–228 (2010).
9. Saltzman, C. L., Shurr, D., Kamp, J. & Cook, T. A. The leather ankle lacer. *Iowa Orthop J* 15, 204–208 (1995).
10. Smith, J. D. Single-Case Experimental Designs: A Systematic Review of Published Research and Current Standards. *Psychol Methods* 17, (2012).
11. Bohannon, R. W. *et al.* Comparison of walking performance over the first 2 minutes and the full 6 minutes of the Six-Minute Walk Test. *BMC Res Notes* 7, 269 (2014).
12. Hawker, G. A., Mian, S., Kendzerska, T. & French, M. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). *Arthritis Care Res* 63, S240–S252 (2011).
13. Lane, J. D. & Gast, D. L. Visual analysis in single case experimental design studies: Brief review and guidelines. *Neuropsychological Rehabilitation* 24, 445–463 (2014).
14. Krasny-Pacini, A. & Evans, J. Single-case experimental designs to assess intervention effectiveness in rehabilitation: A practical guide. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (2017). doi:10.1016/j.rehab.2017.12.002
15. Parker, R. I. & Vannest, K. An improved effect size for single-case research: nonoverlap of all pairs. *Behav Ther* 40, 357–367 (2009).
16. Manolov, R., Solanas, A., Sierra, V. & Evans, J. J. Choosing among techniques for quantifying single-case intervention effectiveness. *Behav Ther* 42, 533–545 (2011).
17. Blampied, N. M. Analyzing Therapeutic Change Using Modified Brinley Plots: History, Construction, and Interpretation. *Behavior Therapy* 48, 115–127 (2017).
18. Bono, C. M. & Berberian, W. S. Orthotic devices: Degenerative disorders of the foot and ankle. *Foot and Ankle Clinics* 6, 329–340 (2001).

19. Slattery M. The efficacy of functional foot orthoses in the control of pain in ankle joint disintegration in hemophilia. - PubMed - NCBI. Available at: <https://scihub.tw/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11359888>. (Accessed: 14th January 2018)
20. Halstead, J. *et al.* Foot orthoses in the treatment of symptomatic midfoot osteoarthritis using clinical and biomechanical outcomes: a randomised feasibility study. *Clin. Rheumatol.* 35, 987–996 (2016).
21. Roth, S. H. & Anderson, S. The NSAID dilemma: managing osteoarthritis in high-risk patients. *Phys Sportsmed* 39, 62–74 (2011).
22. Choi, W. J., Choi, G. W., Kwon, H. & Lee, J. W. Arthroscopic treatment in mild to moderate osteoarthritis of the ankle. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21, 1338–1344 (2013).
23. Stavrakis, A. I. & SooHoo, N. F. Trends in Complication Rates Following Ankle Arthrodesis and Total Ankle Replacement. *J Bone Joint Surg Am* 98, 1453–1458 (2016).
24. Haddad, S. L. *et al.* Intermediate and long-term outcomes of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. A systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg Am* 89, 1899–1905 (2007).
25. Morash, J., Walton, D. M. & Glazebrook, M. Ankle Arthrodesis Versus Total Ankle Arthroplasty. *Foot and Ankle Clinics* 22, 251–266 (2017).
26. Beyaert, C., Sirveaux, F., Paysant, J., Molé, D. & André, J.-M. The effect of tibio-talar arthrodesis on foot kinematics and ground reaction force progression during walking. *Gait & Posture* 20, 84–91 (2004).
27. Demers, L., Weiss-Lambrou, R. & Ska, B. Development of the Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology (QUEST). *Assistive Technology* 8, 3–13 (1996).
28. Tate, R. L. *et al.* Revision of a method quality rating scale for single-case experimental designs and *n* -of-1 trials: The 15-item Risk of Bias in *N* -of-1 Trials (RoBiNT) Scale. *Neuropsychological Rehabilitation* 23, 619–638 (2013).
29. Tate, R. L. *et al.* The Single-Case Reporting Guideline In BEhavioural Interventions (SCRIBE) 2016 Statement. *Neuropsychol Rehabil* 27, 1–15 (2017).
30. Lee, J. S., Hobden, E., Stiell, I. G. & Wells, G. A. Clinically Important Change in the Visual Analog Scale after Adequate Pain Control. *Academic Emergency Medicine* 10, 1128–1130 (2003).
31. Kratochwill, T. R. *et al.* Single-Case Intervention Research Design Standards. *Remedial and Special Education* 34, 26–38 (2013).

## Annexes



Figure 1: a: profile, b: front left ankle radiographs of Subject 1; c: profile, b: front left ankle radiographs of Subject 2; e: profile, f: front right ankle radiographs of Subject 3



Figure 2: Picture of AFOR, front, back and left side.

| NAP, Standard error, CI 90% |       |      | Subject 1 |                | Subject 2 |        |                | Subject 3 |                       |
|-----------------------------|-------|------|-----------|----------------|-----------|--------|----------------|-----------|-----------------------|
| VAS (cm)                    | A1→B1 | 1*   | 0         | [1.000, 1.000] | 0.93*     | 0.0789 | [0.649, 0.989] | 0.72      | 0.176 [0.380, 0.912]  |
|                             | B1→A2 | 0*   | 0         | [0.000, 0.000] | 0*        | 0      | [0.000, 0.000] | 0.14*     | 0.110 [0.0384, 0.420] |
|                             | A2→B2 | 1*   | 0         | [1.000, 1.000] | 1*        | 0      | [1.000, 1.000] | 0.93*     | 0.0789 [0.649, 0.989] |
| Walking distance (m)        | A1→B1 | 1*   | 0         | [1.000, 1.000] | 1*        | 0      | [1.000, 1.000] | 0.33      | 0.192 [0.117, 0.665]  |
|                             | B1→A2 | 0,1* | 0.0984    | 0.0232, 0.370  | 0*        | 0      | [0.000, 0.000] | 0.36      | 0.167 [0.161, 0.634]  |
|                             | A2→B2 | 1*   | 0         | [1.000, 1.000] | 1*        | 0      | [1.000, 1.000] | 0,6       | 0.181 [0.322, 0.822]  |

Table 1: Nonoverlap of All Pairs (NAP), standard error, 90% confidence intervals for each subject pain and distance during 2MWT. \* correspond to a significant difference with  $p < 0.05$ .



Figure 3: Diagrams of pain (diagram 1) and walking distance (diagram 2) during 2MWT, for each subject (subject 1, subject 2, subject 3).

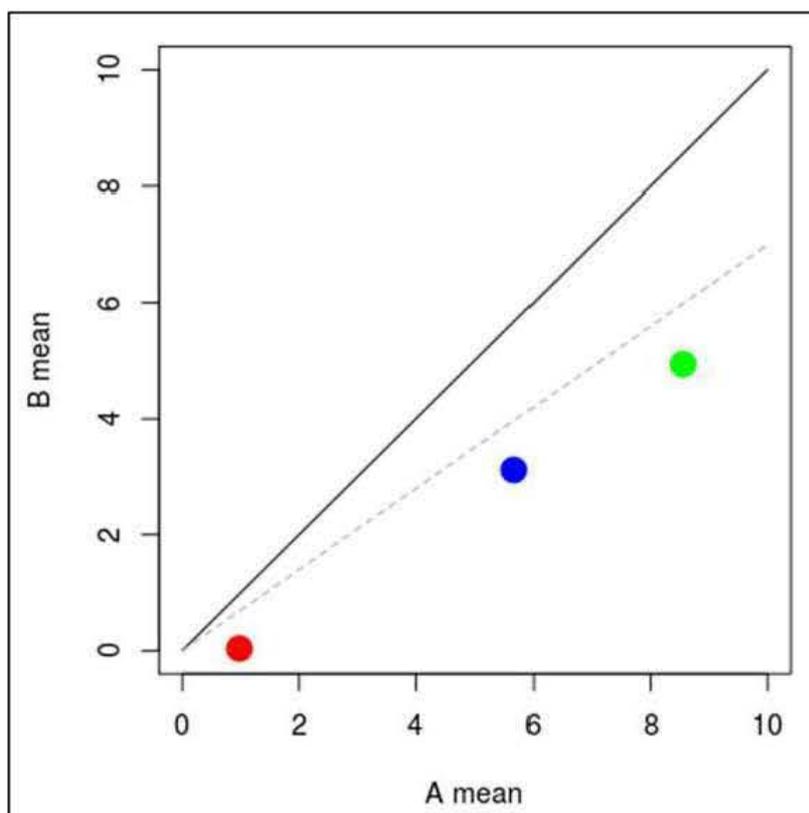


Figure 4: Brindley Plot, A phase mean in function of B phase mean according to walking pain. Subject 1 in red, Subject 2 in green and Subject 3 in blue. The broken ligne correspond to an improvement of 30%.

## Conclusion

L'arthrose de cheville est une pathologie dégénérative beaucoup moins fréquente que la gonarthrose et coxarthrose. Néanmoins elle peut être responsable de douleurs importantes à la marche nécessitant une prise en charge thérapeutique adaptée. D'après notre étude, l'orthèse sur-pédieuse rigide sur mesure est efficace sur la diminution des douleurs à la marche pour des sujets atteints d'arthrose de cheville symptomatique. Cette efficacité est probablement due à ses caractéristiques. En effet, ses limites, la position prise lors du moulage et la rigidité du matériau utilisé expliquent la qualité de l'immobilisation articulaire. Ces caractéristiques, comme son mode de port, sont sur-mesure. Ceci permet d'être adapté à l'hétérogénéité des sujets atteints et des formes d'arthrose de cheville.

Ces résultats sont en faveur de la place du traitement orthétique dans l'arthrose de cheville symptomatique et en particulier de l'arthrose sur-pédieuse rigide. Cette orthèse peut donc être proposée au patient lorsque les thérapeutiques physiques et médicamenteuses ne sont plus efficaces (ou refusées), ou bien être une alternative au traitement chirurgical, lorsque celui-ci n'est pas adapté au patient (contre-indication opératoire ou refus du patient).

Cette méthodologie SCED, de haute valeur scientifique, est adaptée à la recherche de l'efficacité d'un traitement orthétique. Celle-ci est particulièrement intéressante car elle permet d'étudier une population de faible taille, hétérogène, où chaque sujet est son propre contrôle. Ces caractéristiques de population sont souvent présentes en appareillage. Pour toutes ces raisons, cette méthodologie gagnerait à être plus souvent utilisée.

## Bibliographie

1. Grunfeld, R., Aydogan, U., Juliano, P. & Bustillo, J. Ankle arthritis: Diagnosis and conservative management. *OA Musculoskeletal Medicine* 1, (2013).
2. Grunfeld, R., Aydogan, U. & Juliano, P. Ankle arthritis: review of diagnosis and operative management. *Med. Clin. North Am.* 98, 267–289 (2014).
3. Valderrabano, V., Horisberger, M., Russell, I., Dougall, H. & Hintermann, B. Etiology of Ankle Osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res* 467, 1800–1806 (2009).
4. Yasui, Y., Hannon, C. P., Seow, D. & Kennedy, J. G. Ankle arthrodesis: A systematic approach and review of the literature. *World J Orthop* 7, 700–708 (2016).
5. COFER. Arthrose, Item 125 UE 5, Collège Français des Enseignant en Rhumatologie edition 2017. Available at: <http://www.lecofer.org/item-cours-1-10.php>. (Accessed: 16th April 2018)
6. Park, J.-H. *et al.* Prevalence of symptomatic hip, knee, and spine osteoarthritis nationwide health survey analysis of an elderly Korean population. *Medicine (Baltimore)* 96, (2017).
7. Valderrabano, V., Hintermann, B., Horisberger, M. & Fung, T. S. Ligamentous posttraumatic ankle osteoarthritis. *Am J Sports Med* 34, 612–620 (2006).
8. Holzer, N. *et al.* Radiographic evaluation of posttraumatic osteoarthritis of the ankle: the Kellgren-Lawrence scale is reliable and correlates with clinical symptoms. *Osteoarthr. Cartil.* 23, 363–369 (2015).
9. Roth, S. H. & Anderson, S. The NSAID dilemma: managing osteoarthritis in high-risk patients. *Phys Sportsmed* 39, 62–74 (2011).
10. Huang, Y.-C. *et al.* Effects of ankle-foot orthoses on ankle and foot kinematics in patient with ankle osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 87, 710–716 (2006).
11. Saltzman, C. L., Shurr, D., Kamp, J. & Cook, T. A. The leather ankle lacer. *Iowa Orthop J* 15, 204–208 (1995).
12. Faleiro, T. B. *et al.* VISCOSUPPLEMENTATION IN ANKLE OSTEOARTHRITIS: A SYSTEMATIC REVIEW. *Acta Ortop Bras* 24, 52–54 (2016).
13. Choi, W. J., Choi, G. W., Kwon, H. & Lee, J. W. Arthroscopic treatment in mild to moderate osteoarthritis of the ankle. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21, 1338–1344 (2013).
14. Zhao, H. *et al.* Functional analysis of distraction arthroplasty in the treatment of ankle osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 12, 18 (2017).
15. Wang, Y., Li, Z., Wong, D. W.-C. & Zhang, M. Effects of Ankle Arthrodesis on Biomechanical Performance of the Entire Foot. *PLoS ONE* 10, (2015).
16. Haddad, S. L. *et al.* Intermediate and long-term outcomes of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. A systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg Am* 89, 1899–1905 (2007).
17. Bai, L.-B., Lee, K.-B., Song, E. K., Yoon, T. R. & Seon, J. K. Total Ankle Arthroplasty Outcome Comparison for Post-Traumatic and Primary Osteoarthritis. *Foot & Ankle International* 31, 1048–1056 (2010).
18. Bartel, A. F. P. & Roukis, T. S. Total Ankle Replacement Survival Rates Based on Kaplan-Meier Survival Analysis of National Joint Registry Data. *Clin Podiatr Med Surg* 32, 483–494 (2015).
19. Pena, F., Agel, J. & Coetzee, J. C. Comparison of the MFA to the AOFAS Outcome Tool in a Population Undergoing Total Ankle Replacement. *Foot & Ankle International* 28, 788–793 (2007).

20. Beyaert, C., Sirveaux, F., Paysant, J., Molé, D. & André, J.-M. The effect of tibio-talar arthrodesis on foot kinematics and ground reaction force progression during walking. *Gait & Posture* 20, 84–91 (2004).
21. Besse, J. L. Rapport 2017 sur le registre national des Prothèse totales de cheville de l'AFCP. 16
22. Lawton, C. D., Butler, B. A., Dekker, R. G., Prescott, A. & Kadakia, A. R. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis—a comparison of outcomes over the last decade. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 12, (2017).
23. Morash, J., Walton, D. M. & Glazebrook, M. Ankle Arthrodesis Versus Total Ankle Arthroplasty. *Foot and Ankle Clinics* 22, 251–266 (2017).
24. Kofoed, H. Is ankle arthrodesis or total ankle replacement the better treatment for end stage arthrosis? *Foot and Ankle Surgery* 20, 1 (2014).
25. Stavrakis, A. I. & SooHoo, N. F. Trends in Complication Rates Following Ankle Arthrodesis and Total Ankle Replacement. *J Bone Joint Surg Am* 98, 1453–1458 (2016).
26. Rao, S., Ellis, S. J., Deland, J. T. & Hillstrom, H. Nonmedicinal therapy in the management of ankle arthritis: *Current Opinion in Rheumatology* 22, 223–228 (2010).
27. Wu, W.-L., Rosenbaum, D. & Su, F.-C. The effects of rocker sole and SACH heel on kinematics in gait. *Med Eng Phys* 26, 639–646 (2004).
28. Bono, C. M. & Berberian, W. S. Orthotic devices: Degenerative disorders of the foot and ankle. *Foot and Ankle Clinics* 6, 329–340 (2001).
29. John, S. & Bongiovanni, F. Brace Management for Ankle Arthritis. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery* 26, 193–197 (2009).
30. Huang, Y.-C. *et al.* Effects of ankle-foot orthoses on ankle and foot kinematics in patients with subtalar osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 87, 1131–1136 (2006).
31. Slattery M. The efficacy of functional foot orthoses in the control of pain in ankle joint disintegration in hemophilia. - PubMed - NCBI. Available at: <https://scihub.tw/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11359888>. (Accessed: 14th January 2018)
32. Kratochwill, T. R. *et al.* Single-case designs technical documentation. *What works clearinghouse* (2010).
33. Smith, J. D. Single-Case Experimental Designs: A Systematic Review of Published Research and Current Standards. *Psychol Methods* 17, (2012).
34. Kratochwill, T. R. *et al.* Single-Case Intervention Research Design Standards. *Remedial and Special Education* 34, 26–38 (2013).
35. Kratochwill, T. R. & Levin, J. R. Enhancing the scientific credibility of single-case intervention research: randomization to the rescue. *Psychol Methods* 15, 124–144 (2010).
36. Lane, J. D. & Gast, D. L. Visual analysis in single case experimental design studies: Brief review and guidelines. *Neuropsychological Rehabilitation* 24, 445–463 (2014).
37. Manolov, R., Gast, D. L., Perdices, M. & Evans, J. J. Single-case experimental designs: Reflections on conduct and analysis. *Neuropsychological Rehabilitation* 24, 634–660 (2014).
38. Manolov, R., Solanas, A., Sierra, V. & Evans, J. J. Choosing among techniques for quantifying single-case intervention effectiveness. *Behav Ther* 42, 533–545 (2011).
39. Parker, R. I. & Vannest, K. An improved effect size for single-case research: nonoverlap of all pairs. *Behav Ther* 40, 357–367 (2009).
40. Tate, R. L. *et al.* Revision of a method quality rating scale for single-case experimental designs and *n* -of-1 trials: The 15-item Risk of Bias in *N* -of-1 Trials (RoBiNT) Scale. *Neuropsychological Rehabilitation* 23, 619–638 (2013).

41. Tate, R. L. *et al.* The Single-Case Reporting Guideline In BEhavioural Interventions (SCRIBE) 2016 Statement. *Neuropsychol Rehabil* 27, 1–15 (2017).
42. Tate, R. L. *et al.* The Single-Case Reporting Guideline In BEhavioural Interventions (SCRIBE) 2016: Explanation and elaboration. *Archives of Scientific Psychology* 4, 10–31 (2016).
43. Krasny-Pacini, A. & Evans, J. Single-case experimental designs to assess intervention effectiveness in rehabilitation: A practical guide. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (2017).

VU

NANCY, le **13 juillet 2018**  
Thèse

NANCY, le **16 juillet 2018** Le Président de  
Le Doyen de la Faculté de Médecine

**Professeur Jean PAYSANT**

**Professeur Marc BRAUN**

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ 10353

NANCY, le **19 juillet 2018**

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE,

**Professeur Pierre MUTZENHARDT**

---

## RÉSUMÉ DE LA THÈSE

L'arthrose de cheville est, à long terme, une complication fréquente des traumatismes de cheville. La douleur à la marche en est son principal symptôme et est responsable de limitation du périmètre de marche. Ses traitements non chirurgicaux comprennent les règles hygiéno-diététiques, les anti-inflammatoires non stéroïdiens, les infiltrations intra-articulaires de corticoïdes et les orthèses. Leur objectif étant la diminution des douleurs à la marche. Le gold standard des traitements de dernière intention d'arthrose sévère est l'arthrodèse chirurgicale.

Le but de cette étude est d'étudier l'efficacité d'une orthèse suro-pédieuse rigide sur mesure sur la douleur à la marche dans une population souffrant d'arthrose de cheville.

La méthodologie utilisée est celle d'une étude expérimentale en cas unique (ou single case experimental design, SCED) de structure ABAB. Trois sujets ont été inclus, souffrant d'arthrose de cheville et portant l'orthèse de façon quotidienne à domicile. Des tests de marche de 2 minutes ont été réalisés, de façon répétés, à vitesse rapide, sans (état de base, ou phase A) et avec (intervention ou phase B) leur propre orthèse. La douleur, selon une échelle visuelle analogique (EVA), et la distance parcourue étaient évaluées à la fin de chaque test de marche. Les évaluations étaient réalisées par un évaluateur en aveugle. Le nombre de tests de marche par phase était randomisé par tirage au sort.

L'analyse des résultats retrouvait une diminution de plus de 30% des douleurs à la marche durant les phases B, pour les 3 sujets. Cette diminution était significative pour 2 des sujets. Le port de l'orthèse a permis une majoration significative des distances de marche pour 2 sujets. En état de base, la douleur augmentait tout au long des tests de marche, alors que les distances étaient stables.

Cette étude en SCED retrouve une efficacité de l'orthèse suro-pédieuse rigide sur la diminution des douleurs à la marche chez les sujets souffrant d'arthrose de cheville. Porter l'orthèse permet une majoration de la vitesse de marche sans douleur. D'autres études sont nécessaires pour confirmer cette efficacité. Cette orthèse pourrait être une alternative intéressante à l'arthrodèse chirurgicale chez des patients souffrant d'arthrose sévère de cheville qui ne veulent pas ou ne peuvent pas bénéficier de l'intervention.

---

## TITRE EN ANGLAIS

A Single Case Experimental Design to assess the efficacy of a Rigid Ankle Foot Orthosis in ankle osteoarthritis

---

## THÈSE : MÉDECINE SPÉCIALISÉE – ANNÉE 2018

---

## MOTS CLEFS :

Arthrose de cheville, orthèse suro-pédieuse, arthrodèse tibio-talienne, Single case experimental design

---

## INTITULÉ ET ADRESSE :

**UNIVERSITÉ DE LORRAINE**

**Faculté de Médecine de Nancy**

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex

---