Année 2018/2019 N°

Thèse

Pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'État
Par

Gaspard AUBOYNEAU

Né le 26/01/1989 à Aix en Provence (13100)

TITRE :

INFLUENCE DE LA PENTE TIBIALE SUR LE POSITIONNEMENT SAGITTAL DU TALUS DANS LES PROTHESES TOTALES DE CHEVILLE A PATIN MOBILE.

Présentée et soutenue publiquement le 16 Octobre 2019 devant un jury composé de :

Président du Jury :
Professeur Philippe ROSSET, Chirurgie orthopédique et Traumatologique, Faculté de Médecine – Tours

Membres du Jury :
Professeur Luc FAVARD, Chirurgie orthopédique et Traumatologique, Faculté de Médecine - Tours
Professeur Jean BRILHAULT, Chirurgie orthopédique et Traumatologique, Faculté de Médecine - Tours
Docteur Ronny LOPES, Chirurgie orthopédique et Traumatologique, Clinique Brétéché - Nantes
Docteur Walid LAKHAL, Chirurgie orthopédique et Traumatologique, PH Faculté de Médecine - Tours

Directeur de Thèse : Professeur Jean BRILHAULT, Chirurgie orthopédique et Traumatologique, Faculté de Médecine - Tours

université de TOURS | Faculté de médecine

UNIVERSITE DE TOURS
FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

DOYEN
Pr Patrice DIOT

VICE-DOYEN
Pr Henri MARRET

ASSESSEURS
Pr Denis ANGOULVANT, *Pédagogie*
Pr Mathias BUCHLER, *Relations internationales*
Pr Theodora BEJAN-ANGOULVANT, *Moyens – relations avec l'Université*
Pr Clarisse DIBAO-DINA, *Médecine générale*
Pr François MAILLOT, *Formation Médicale Continue*
Pr Patrick VOURC'H, *Recherche*

RESPONSABLE ADMINISTRATIVE
Mme Fanny BOBLETER

****

DOYENS HONORAIRES
Pr Emile ARON (†) – *1962-1966*
Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962
Pr Georges DESBUQUOIS (†) - *1966-1972*
Pr André GOUAZE - *1972-1994*
Pr Jean-Claude ROLLAND – *1994-2004*
Pr Dominique PERROTIN – *2004-2014*

PROFESSEURS EMERITES
Pr Daniel ALISON
Pr Philippe ARBEILLE
Pr Catherine BARTHELEMY
Pr Gilles BODY
Pr Jacques CHANDENIER
Pr Alain CHANTEPIE
Pr Pierre COSNAY
Pr Etienne DANQUECHIN-DORVAL
Pr. Dominique GOGA
Pr Alain GOUDEAU
Pr Anne-Marie LEHR-DRYLEWICZ
Pr Gérard LORETTE
Pr Roland QUENTIN
Pr Elie SALIBA

PROFESSEURS HONORAIRES
P. ANTHONIOZ – A. AUDURIER – A. AUTRET – P. BAGROS – P.BARDOS – J.L. BAULIEU – C. BERGER – JC. BESNARD – P. BEUTTER – C. BONNARD – P. BONNET – P. BOUGNOUX – P. BURDIN – L. CASTELLANI – B. CHARBONNIER – P. CHOUTET – T. CONSTANS – C. COUET – L. DE LA LANDE DE CALAN – J.P. FAUCHIER – F. FETISSOF – J. FUSCIARDI – P. GAILLARD – G. GINIES – A. GOUAZE – J.L. GUILMOT – N. HUTEN – M. JAN – J.P. LAMAGNERE – F. LAMISSE – Y. LANSON – O. LE FLOCH – Y. LEBRANCHU – E. LECA – P. LECOMTE – E. LEMARIE – G. LEROY – M. MARCHAND – C. MAURAGE – C. MERCIER – J. MOLINE – C. MORAINE – J.P. MUH – J. MURAT – H. NIVET – L. POURCELOT – P. RAYNAUD – D. RICHARD-LENOBLE – A. ROBIER – J.C. ROLLAND – D. ROYERE - A. SAINDELLE – J.J. SANTINI – D. SAUVAGE – D. SIRINELLI – B. TOUMIEUX – J. WEILL

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

ANDRES Christian	Biochimie et biologie moléculaire
ANGOULVANT Denis	Cardiologie
AUPART Michel	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BABUTY Dominique	Cardiologie
BAKHOS David	Oto-rhino-laryngologie
BALLON Nicolas	Psychiatrie ; addictologie
BARILLOT Isabelle	Cancérologie ; radiothérapie
BARON Christophe	Immunologie
BEJAN-ANGOULVANT Théodora	Pharmacologie clinique
BERNARD Anne	Cardiologie
BERNARD Louis	Maladies infectieuses et maladies tropicales
BLANCHARD-LAUMONNIER Emmanuelle	Biologie cellulaire
BLASCO Hélène	Biochimie et biologie moléculaire
BONNET-BRILHAULT Frédérique	Physiologie
BRILHAULT Jean	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BRUNEREAU Laurent	Radiologie et imagerie médicale
BRUYERE Franck	Urologie
BUCHLER Matthias	Néphrologie
CALAIS Gilles	Cancérologie, radiothérapie
CAMUS Vincent	Psychiatrie d'adultes
COLOMBAT Philippe	Hématologie, transfusion
CORCIA Philippe	Neurologie
COTTIER Jean-Philippe	Radiologie et imagerie médicale
DE TOFFOL Bertrand	Neurologie
DEQUIN Pierre-François	Thérapeutique
DESOUBEAUX Guillaume	Parasitologie et mycologie
DESTRIEUX Christophe	Anatomie
DIOT Patrice	Pneumologie
DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague	Anatomie & cytologie pathologiques
DUCLUZEAU Pierre-Henri	Endocrinologie, diabétologie, et nutrition
DUMONT Pascal	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
EL HAGE Wissam	Psychiatrie adultes
EHRMANN Stephan	Réanimation
FAUCHIER Laurent	Cardiologie
FAVARD Luc	Chirurgie orthopédique et traumatologique
FOUGERE Bertrand	Gériatrie
FOUQUET Bernard	Médecine physique et de réadaptation
FRANCOIS Patrick	Neurochirurgie
FROMONT-HANKARD Gaëlle	Anatomie & cytologie pathologiques
GAUDY-GRAFFIN Catherine	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
GOUPILLE Philippe	Rhumatologie
GRUEL Yves	Hématologie, transfusion
GUERIF Fabrice	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
GUYETANT Serge	Anatomie et cytologie pathologiques
GYAN Emmanuel	Hématologie, transfusion
HAILLOT Olivier	Urologie
HALIMI Jean-Michel	Thérapeutique
HANKARD Régis	Pédiatrie
HERAULT Olivier	Hématologie, transfusion
HERBRETEAU Denis	Radiologie et imagerie médicale
HOURIOUX Christophe	Biologie cellulaire
LABARTHE François	Pédiatrie
LAFFON Marc	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale, médecine d'urgence
LARDY Hubert	Chirurgie infantile
LARIBI Saïd	Médecine d'urgence
LARTIGUE Marie-Frédérique	Bactériologie-virologie
LAURE Boris	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
LECOMTE Thierry	Gastroentérologie, hépatologie
LESCANNE Emmanuel	Oto-rhino-laryngologie
LINASSIER Claude	Cancérologie, radiothérapie
MACHET Laurent	Dermato-vénéréologie
MAILLOT François	Médecine interne
MARCHAND-ADAM Sylvain	Pneumologie
MARRET Henri	Gynécologie-obstétrique

MARUANI Annabel ..... Dermatologie-vénéréologie
MEREGHETTI Laurent ..... Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
MITANCHEZ Delphine ..... Pédiatrie
MORINIERE Sylvain ..... Oto-rhino-laryngologie
MOUSSATA Driffa ..... Gastro-entérologie
MULLEMAN Denis ..... Rhumatologie
ODENT Thierry ..... Chirurgie infantile
OUAISSI Mehdi ..... Chirurgie digestive
OULDAMER Lobna ..... Gynécologie-obstétrique
PAINTAUD Gilles ..... Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PATAT Frédéric ..... Biophysique et médecine nucléaire
PERROTIN Dominique ..... Réanimation médicale, médecine d'urgence
PERROTIN Franck ..... Gynécologie-obstétrique
PISELLA Pierre-Jean ..... Ophtalmologie
PLANTIER Laurent ..... Physiologie
REMERAND Francis ..... Anesthésiologie et réanimation, médecine d'urgence
ROINGEARD Philippe ..... Biologie cellulaire
ROSSET Philippe ..... Chirurgie orthopédique et traumatologique
RUSCH Emmanuel ..... Epidémiologie, économie de la santé et prévention
SAINT-MARTIN Pauline ..... Médecine légale et droit de la santé
SALAME Ephrem ..... Chirurgie digestive
SAMIMI Mahtab ..... Dermatologie-vénéréologie
SANTIAGO-RIBEIRO Maria ..... Biophysique et médecine nucléaire
THOMAS-CASTELNAU Pierre ..... Pédiatrie
TOUTAIN Annick ..... Génétique
VAILLANT Loïc ..... Dermato-vénéréologie
VELUT Stéphane ..... Anatomie
VOURC'H Patrick ..... Biochimie et biologie moléculaire
WATIER Hervé ..... Immunologie

PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

DIBAO-DINA Clarisse
LEBEAU Jean-Pierre

PROFESSEURS ASSOCIES

MALLET Donatien ..... Soins palliatifs
POTIER Alain ..... Médecine Générale
ROBERT Jean ..... Médecine Générale

PROFESSEUR CERTIFIE DU 2ND DEGRE

MC CARTHY Catherine ..... Anglais

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

BARBIER Louise ..... Chirurgie digestive
BERHOUET Julien ..... Chirurgie orthopédique et traumatologique
BRUNAULT Paul ..... Psychiatrie d'adultes, addictologie
CAILLE Agnès ..... Biostat., informatique médical et technologies de communication
CLEMENTY Nicolas ..... Cardiologie
DENIS Frédéric ..... Odontologie
DOMELIER Anne-Sophie ..... Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
DUFOUR Diane ..... Biophysique et médecine nucléaire
ELKRIEF Laure ..... Hépatologie – gastroentérologie
FAVRAIS Géraldine ..... Pédiatrie
FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie ..... Anatomie et cytologie pathologiques
GATAULT Philippe ..... Néphrologie
GOUILLEUX Valérie ..... Immunologie
GUILLON Antoine ..... Réanimation
GUILLON-GRAMMATICO Leslie ..... Epidémiologie, économie de la santé et prévention
HOARAU Cyrille ..... Immunologie

IVANES Fabrice ..... Physiologie
LE GUELLEC Chantal ..... Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
LEFORT Bruno ..... Pédiatrie
LEMAIGNEN Adrien ..... Maladies infectieuses
MACHET Marie-Christine ..... Anatomie et cytologie pathologiques
MOREL Baptiste ..... Radiologie pédiatrique
PIVER Éric ..... Biochimie et biologie moléculaire
REROLLE Camille ..... Médecine légale
ROUMY Jérôme ..... Biophysique et médecine nucléaire
SAUTENET Bénédicte ..... Thérapeutique
TERNANT David ..... Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
VUILLAUME-WINTER Marie-Laure ..... Génétique
ZEMMOURA Ilyess ..... Neurochirurgie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

AGUILLON-HERNANDEZ Nadia ..... Neurosciences
BOREL Stéphanie ..... Orthophonie
MONJAUZE Cécile ..... Sciences du langage – orthophonie
NICOGLOU Antonine ..... Philosophie – histoire des sciences et des techniques
PATIENT Romuald ..... Biologie cellulaire
RENOUX-JACQUET Cécile ..... Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

RUIZ Christophe ..... Médecine Générale
SAMKO Boris ..... Médecine Générale

CHERCHEURS INSERM - CNRS - INRA

BOUAKAZ Ayache ..... Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253
CHALON Sylvie ..... Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253
COURTY Yves ..... Chargé de Recherche CNRS – UMR INSERM 1100
DE ROCQUIGNY Hugues ..... Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1259
ESCOFFRE Jean-Michel ..... Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253
GILOT Philippe ..... Chargé de Recherche INRA – UMR INRA 1282
GOUILLEUX Fabrice ..... Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7001
GOMOT Marie ..... Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253
HEUZE-VOURCH Nathalie ..... Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
KORKMAZ Brice ..... Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
LAUMONNIER Frédéric ..... Chargé de Recherche INSERM - UMR INSERM 1253
MAZURIER Frédéric ..... Directeur de Recherche INSERM – UMR CNRS 7001
MEUNIER Jean-Christophe ..... Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1259
PAGET Christophe ..... Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
RAOUL William ..... Chargé de Recherche INSERM – UMR CNRS 7001
SI TAHAR Mustapha ..... Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100
WARDAK Claire ..... Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 1253

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Pour l'Ecole d'Orthophonie
DELORE Claire ..... Orthophoniste
GOUIN Jean-Marie ..... Praticien Hospitalier

Pour l'Ecole d'Orthoptie
MAJZOUB Samuel ..... Praticien Hospitalier

Pour l'Ethique Médicale
BIRMELE Béatrice ..... Praticien Hospitalier

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maitres de cette Faculté,

de mes chers condisciples
et selon la tradition d'Hippocrate,
je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maitres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

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

Remerciements

À Monsieur le **Professeur ROSSET**, président de mon jury,
Pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de thèse, je vous prie de bien vouloir recevoir toute ma gratitude pour votre enseignement au cours de mon internat, au bloc opératoire et lors de mes semestres au 6ème. C'est avec plaisir que je poursuis l'aventure dans votre service. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon plus grand respect.

À Monsieur le **Professeur BRILHAULT**, directeur de mon travail de thèse,
Pour m'avoir guidé avec patience dans ce travail. Votre exigence et votre rigueur sont un moteur pour la formation des internes de Tours. Recevez par ce travail le témoin de mon profond respect.

À Monsieur le **Professeur FAVARD**,
Pour m'avoir fait l'honneur de faire partie des membres de mon jury. Pour votre passion de l'enseignement et votre facilité à clarifier les choses. D'Orléans au 7A vos m'avez éclairé sur la chirurgie de l'épaule. Recevez par ce travail le témoin de mon profond respect.

À Monsieur le **Docteur Ronny LOPES**,
Pour m'avoir fait l'honneur de faire partie de mon jury de thèse. Pour ton accueil à Nantes et pour m'avoir fait découvrir l'arthroscopie de la cheville (et du pied). Ta passion est contagieuse. Reçois par ce travail de thèse toute ma gratitude.

À Monsieur le **Docteur Walis LAKHAL**,
Pour m'avoir fait l'honneur de faire partie de mon jury de thèse. Pour ta gentillesse et ta disponibilité. Tu as toujours été disponible pour aider les vieux internes sur les rachis, ce qui est toujours appréciable et rassurant. Je te souhaite plein de bonheur dans ta future installation.

Au Docteur GARAUD, pour votre aide précieuse et votre réactivité même tard le soir.

Au Docteur STANOVICI, pour avoir débuté ce travail. Pour tous tes conseils et ton amitié au cours de mon internat.

Au Docteur SCHMITT, pour ton enseignement chirurgical et pour me laisser une belle place au 6ème.

Au Docteur DRUON, pour ta disponibilité et ton expertise, je suis très honoré de travailler avec toi pour les deux années à venir. Au Docteur FLOCH, pour son aide précieuse.

À mes chefs actuels ou anciens chefs qui m'ont formé, repris, supporté au cours de ces 5 années d'internat…
Charles AGOUT, Damien BABUSIAUX, Daniel BERNIER, Yves BOUJU, Jérôme BRUNET, Bertille CHARRUAU, Romain CHATELLARD, Camilo CHAVES, Carine CHEVALIER, Geoffroy DUBOIS DE MONT-MARIN, Joseph FOURNIER Benjamin FREYCHET, François GADEA, Marwan GARAUD, Stéphanie KRISSIAN, Hady MOUBARAK, Antoine SCHMITT, Emmanuel SIMIAN, Fabien SLOMKA, Clément SPIRY.

Au service de chirurgie Orthopédique Pédiatrique du CHU Clocheville : Professeur BONNARD, Docteur AGOSTINI, Docteur BERGERAULT, Docteur DE COURTIVRON.

Au service de chirurgie Orthopédique du CH de ORLEANS : Docteur RAZANABOLA, Docteur ALI, Docteur OCNERIU, Docteur AZZOUNI, DR BENHIAYA.

Au service de chirurgie Orthopédique du CH de Polynésie Française: Dr DJENADI, Dr FLEURE, Dr DE JESSE, Dr LUTH et Dr DAVID,

Au service de chirurgie DIGESTIVE du CHIC d'Amboise : Docteur DALMASSO, Dr THOMAS et Dr BILLARD.

Aux services de chirurgie d'orthopédie du CHRU de Trousseau : IDE du bloc 3ème et UDTA, des services (6e, 7A, 7C), aux secrétaires actuelles et anciennes (Anne Claire, Brigitte, Nathalie, Christine, Laetitia…), à la consultation et aux Gypsothérapeutes.

À tous mes actuels et anciens co-internes … :
Alice AA, Adrien AP, Alexandre « Cédro » AB, Alexandre AM, Benjamin BFe, Benjamin BS, Camille CP, Clara CSos, Guillaume GLR, Hoël HL, Jiyun JY, Johanne JG, Lise LC, Lisa LS, Mathieu « Maza » MM, Manon MT, Marion MB, Maxime MBo, Maxime MS, Morgane MD, Muhanad MA, Nicolas Freger, Pauline PU, Ramy RS, Rayane RBe, Richard RL, Rodolphe RB, Romain RO, Samuel SL, Ségolène, Steven SR, Thomas TL, Vincent VH, Yanis YD.

À mes amis de l'externat, Come et Marie-Gab, Donatien et Ludi, César, Marion, Dara, Clémence …

À mes amis tourangeaux, Guillaume et Léa, félicitation à vous deux, Rouf et Célia, Nam et Gom, Pierre et Margaux, Steph et Anne So… Pour toutes ces étapes de la vie accomplies ensemble !

A Mathilde et Gauthier, Alex et Justine, 2 années extra au 115.

Aux orthophonistes, à Annabelle, pour tenir compagnie à Rachel lors des gardes et remplacements.

À mes amis de toujours : Alex, Flal, Vince, Charles Cu, Randal, Charles ; et à vos femmes Niyati, Marion Giz Val, Ouidade et Sarah love.

A Larry.

À ma famille :
A Babel et Baboul, Maïté, Catherine et Rolland, Charles et Nathalie, Henri et Virginie, Antoine et Hélène, Jean mon parrain et Anne, Nicolas et Ariane, Merci pour Gy, à Kiki et France, Alexandra et Cédric, Sébastien et Camille, Alexis et Elodie, Mathilde et Guillaume, Thomas et Clémence, Alice et Gauthier, Margaux, Marion, Arnaud, Pauline, Remi, Charlotte, Justine, Fanny, Robin.
A Denyse et Grand papa.
A Gaston, Ines et Lucien mes filleuls.

A mon autre famille, Gilbert et Monique, merci pour toute votre aide, à Albert et Odette, Sandrine, Chantal et Patrick,
A Eva,
A Nathalie et Olivier (super Oliv), mes beaux-parents géniaux.

A mes sœurs, Valentine, Juliette, Clémence et Léonie.
A mes beaux-frères officiels Arthur et Nico ; et non officiel Jonas.

A mon père, qui je sais, me soutient et m'aide de là où il est.

A ma mère, qui m'a fait, soutenu et aidé sans faille et sans conditions. Merci maman

A Garance, notre fille, si intelligente déjà. Pour m'avoir maintenu éveillé ces courtes nuits…

A Rachel, ma femme. Merci d'être là, de me comprendre, de me subir parfois…
Pour ta bonne humeur, ta joie, ta vie qui m'apporte chaque jour plus de bonheur. Pour ce que tu es et ton soutien de tous les jours qui rendent l'internat facile.
Merci d'être venue à Tours et d'y être restée.
Je devrais te le dire plus souvent, je t'aime.

Table des matières

1. Liste des enseignants…….. p. 2
2. Serment Hippocrate……. p. 6
3. Remerciements……. p. 7
4. Résumés……. p.10
5. Introduction ..... p. 12
6. Matériels et méthodes..... p. 14
7. Résultats..... p. 17
8. Discussion..... p. 19
9. Conclusion..... p. 22
10. Références..... …..... p. 23
11. Annexes..... p. 28
12. Page de signatures……. p. 41
13. Dépôt du sujet de thèse…….. p. 42
14. Couverture Arrière de la thèse…… p. 43

RESUME :

Introduction : Le but de cette étude était d'analyser l'influence de la pente tibiale sur le positionnement sagittal du talus pour les prothèses de cheville (PdC) à patin mobile. L'hypothèse était qu'un excès de pente sagittale dans la pièce tibiale entrainait une translation antérieure exposant à un risque majoré de complication et d'échec.

Matériels et méthodes : Il s'agissait d'une étude rétrospective mono centrique de 77 prothèses de cheville SALTO® (Tornier, SAS France). Nous avons mesuré la pente tibiale par l'angle tibial distal et la translation antérieure du talus par le ratio tibio talien (RTT) sur les radiographies dynamiques en charge réalisées pour le suivi.

Une corrélation entre ces 2 données a été recherchée puis 2 groupes ont été formés afin de trouver une pente tibiale au-delà de laquelle une translation antérieure s'observait.

Résultats : Nous avons observé un angle tibial distal moyen de 85,48 +/-2,51 ° et un ratio tibio talien de 30,30 +/- 7,44 % de moyenne en position neutre, 39,58%+/- 7,50° en flexion plantaire et 37,55%+/- 7,71° en flexion dorsale Une corrélation significative a été observé entre le ratio tibio talien et la pente tibiale.

Conclusion : Le positionnement sagittal du tibia agit directement sur la position du talus. Un excès de pente entraine une translation antérieure mais une pente trop faible est responsable d'une translation postérieure de manière plus importante. Le positionnement de l'implant tibial est donc déterminant afin de maintenir un talus centré et limiter la surcharge ligamentaire responsables de complication. Les prothèses de cheville à patin fixe apparaissent dès lors comme une alternative thérapeutique moins risquée en termes de cinématique prothétique.

Niveau de preuve : IV– étude rétrospective

Mots clés : prothèse de cheville, patin mobile, ratio tibio talien, pente tibiale postérieure distale

RESUME

Introduction : The aim of this study was to analyse the influence of tibial slope on sagittal positionning of the talus in mobile bearing total ankle arthroplasty. The hyposthesis was that an excess of sagittal tibial slope exposed to an increased risk of complication and failure.

Materials et methods : It was a single-centric, retrospective study of 77 SALTO® ankle prothesis (Tornier, SAS France). We mesured the tibial slope with the distal tibial angle and the anteriort translation of the talus with the tibio-talar ratio (RTT) on on the load-bearing X-rays performed for follow-up.

A correlation between these 2 data was sought then 2 groups were formed to find a tibial slope beyond which anterior translation was observed.

Results : We observed an average distal tibial angle of 85.48 +/- 2.51 ° and a tibiotal ratio of 30.30 +/- 7.44% of average in neutral position, 39.58% +/- 7.50 ° in plantar flexion and 37.55% +/- 7.71 ° in dorsal flexion A significant correlation was observed between the tibio-talar ratio and the tibial slope.

Conclusion : The sagittal positioning of the tibia acts directly on the position of the talus. An excess of slope causes an earlier translation but a too low slope is responsible for a posterior translation more importantly. The positioning of the tibial implant is therefore crucial in order to maintain a centered talus and limit the ligament overload, responsible for complication. Fixed-bearing ankle prostheses therefore appear to be a less risky therapeutic alternative in terms of prosthetic kinematics.

Level of evidence: IV- retrospective study

Key words: ankle prosthesis, mobile bearing, tibio talar ratio, distal posterior tibial slope

INTRODUCTION

Depuis plus de 20 ans, la Prothèse de Cheville (PdC) est devenue une alternative à l'arthrodèse pour le traitement de l'arthrose évoluée de la cheville avec maintenant de bons résultats à moyen et long termes. Les résultats fonctionnels sont équivalents ou supérieurs à ceux obtenus avec une arthrodèse tibio-talienne [1–3]. Les prothèses de chevilles permettent de conserver la mobilité articulaire ce qui préserverait les articulations sous-jacentes[4–6].

Les prothèses de chevilles modernes dites de 3ème génération ont comme spécificité de comporter trois composants dont un patin en polyéthylène mobile et d'avoir une fixation biologique sans ciment. Elles ont représenté une avancée déterminante dans l'histoire des PdC[7]. Ces prothèses ont été et sont encore actuellement les prothèses les plus étudiées. Elles sont à l'origine de notre compréhension de cette thérapeutique et du développement de toutes les prothèses actuelles dites de 4ème génération (à patins fixes). Les PdC de 3ème génération ont présenté un taux élevé de complications engendrant des survies limitées de 64 à 93 % à 10 ans[8–13] ce qui reste modeste en comparaison des résultats obtenus par les prothèses de genou qui leurs sont mécaniquement proches[14]. Les principales causes d'échecs sont les infections et le mauvais positionnement des implants[15]. Bien qu'initialement décrites comme étant plus tolérantes du fait du centrage « automatique » du patin mobile et d'un degré de liberté rotatoire en plus [16], des études mécaniques ont remis en question ce concept de centrage automatique et démontré qu'un défaut de positionnement d'une prothèse à patin mobile entrainait une augmentation focale des contraintes sur le patin polyéthylène aboutissant alors à une usure prématurée de celui-ci[17,18]

La prothèse SALTO® (Tornier SA, Saint Ismier, France) est une prothèse de 3ème génération à patin mobile et fixation biologique. Les résultats sur la survie sont de l'ordre de 94% à 5 ans[19,20] et 85 % à 10 ans[21], ce qui représente des résultats à moyen et long termes, comparables aux autres implants de 3ème génération[8,9,22–24]. Le positionnement du composant tibial proposé par les concepteurs de cette prothèse vise à reproduire l'orientation du pilon tibial natif avec une pente tibiale postérieure distale de 7° ou Angle Tibial Antérieur Distal (ADTA) de 83°[25]. Cette pente engendre des contraintes mécaniques

de cisaillement lors de la mise en charge, ce qui, sur une prothèse à patin mobile pourrait être à l'origine de d'une translation antérieure du talus et/ou d'une translation postérieure du tibia. Barg et coll.[26] ont de ce fait identifié la translation sagittale du talus comme un facteur prédictif de douleurs post opératoires et de diminution de fonction après PdC. De façon similaire, Cho et coll.[27] ont rapporté le mauvais positionnement sagittal de l'implant tibial comme principal facteur d'échec de la restauration de l'alignement sagittal tibio-talien. Enfin, Tochigi et coll.[28] ont observé dans une étude cadavérique une diminution du degré de mobilité de la cheville lors de la translation sagittal du talus.

Compte tenu du fait que la stabilité de la cheville dépend en grande partie de la congruence osseuse et que celle-ci est perdue lors de la mise en place d'un patin mobile, nous avons supposé qu'un excès de pente tibiale postérieure entrainait une translation antérieure du talus et par corrélation exposait à un risque de moins bons résultats et d'échec. Le but de cette étude était donc d'analyser l'influence de la pente tibiale sur le positionnement antéropostérieur du talus par une étude radiologique rétrospective d'une série continue de PdC à patin mobile SALTO®.

MATERIEL ET METHODE

Population étudiée :

Notre étude a été soumise et approuvée par le comité d'éthique (ERERC) de notre institution et enregistrée auprès du CNIL (comité national de l'informatique et des libertés). Il s'agissait de l'étude rétrospective d'une série continue mono opérateur, monocentrique. Tous les patients ayant bénéficié de la pose d'une PdC SALTO® (Tornier SA, Saint Ismier, France) par l'auteur sénior au CHRU de Tours entre mai 2006 et Septembre 2014 ont été inclus. Les cas pour lesquels il manquait des données radiologiques en pré ou en post opératoire ont été exclus de l'étude. Les prothèses de cheville en échec précoce d'origine non mécanique nécessitant une réintervention (complications cicatricielles, infectieuses, fractures) ont été exclues également.

Sur les 77 PdC éligibles, 68 avaient des données radiologiques complètes. Deux cas ont été exclus pour cause d'échec précoce. Un pour fracture de malléole médiale avec déplacement secondaire et l'autre pour infection précoce nécessitant dans les deux cas, une reprise chirurgicale par arthrodèse tibio talienne. Sur les 66 cas inclus dans l'étude, il y avait 30 hommes (45,45%) et 36 femmes (54,55%). Trente et un cas (46,97%) concernaient des cheville droites et 35 (53,03%) des chevilles gauches. Les caractéristiques de la série sont détaillées dans le Tableau I.

Technique chirurgicale :

L'intervention chirurgicale était réalisée sous anesthésie multimodale associant anesthésie générale et locorégionale par bloc tronculaire réalisé sous contrôle échographique. Le patient était installé en décubitus dorsal avec un coussin sous la fesse homolatérale pour placer le pied au zénith. Une antibioprophylaxie était réalisée selon le protocole de l'établissement et l'intervention était débuté après que la check-list ait été validée.

L'abord chirurgical comprenait une voie antérieure associée à une petite voie postéro-médiale protégeant le tendon et le pédicule tibial postérieur lors de la réalisation des coupes osseuses. La technique de positionnement de l'implant était standardisée par des guides de coupe, le guide de coupe

du tibia induisait automatiquement une pente tibiale postérieure de 7° (ADTA : 83°) pour s'approcher de l'axe tibial natif. Au cours de l'étude, l'opérateur a volontairement modifié sa technique en diminuant progressivement la pente tibiale postérieure, ce qui explique les variations observées entre les cas.

Analyse radiologique :

Il s'agissait d'une étude radiologique réalisée par un chirurgien différent de l'opérateur. Les mesures pré opératoires ont été réalisées sur des clichés de face et de profil en charge. Les mesures post-opératoires ont été réalisées sur des clichés radiologiques post opératoire immédiat en charge de face et de profil ainsi qu'à 12 semaines sur les incidences dynamiques de profil en flexion plantaire et en flexion dorsale maximales. Les analyses radiologiques ont été réalisées par un observateur indépendant à l'aide des logiciels Osirix (Pixmeo™) et Horos (Horos Project™) sur des radiographies numérisées. Les méthodes de mesure utilisées ont déjà fait preuve d'une bonne reproductibilité intra et inter observateur[29,30].

La pente du tibia ou du composant tibial était mesurée par l'ADTA sur les clichés de profil (Figure 1). Il correspondait à l'angle sagittal formé par l'axe tibial diaphysaire et la tangente à la surface articulaire distale du tibia selon les critères de Cho et coll[27]. La position sagittale du talus était appréciée en mesurant le Ratio Tibio Talaire (RTT) décrit par Tochigi et coll.[29]et l'Offset Antéro-Postérieur (OAP) décrit par Barg et coll.[26,31]. Le Ratio Tibio Talaire (RTT) correspond au rapport entre la longueur antéro-postérieure du talus et la distance comprise entre le bord postérieur du talus et la projection de l'axe sagittal du tibia, dont la normale est comprise entre 27 et 42 % (Figure 2). Plus le RTT est bas, plus le talus subluxé en antérieur par rapport au centre du pilon tibial (natif ou prothétique). L'Offset Antéro-Postérieur (OAP) décrit par Barg et coll.[26,31] correspond à la distance entre le centre du cercle du diamètre du talus et l'axe diaphysaire tibio talien rapportée à la longueur antéropostérieure du pilon tibial dont la normale est zéro (Figure 3). L'OAP était noté positif pour une translation antérieure et négatif en cas de translation postérieure.

Les autres mesures réalisées étaient celles de l'Angle Tibial Distal Médial (MDTA) dont la normale se situe entre 85 et 95 °, il était mesuré entre la tangente à la surface articulaire tibiale et l'axe tibiale diaphysaire sur les radiographie de face (Figure 4); la pente de l'implant talaire ou angle gamma[32]

(Figure 5) ainsi que le degré total de mobilité de la prothèse de cheville grâce à la mesure de l'angle tibio talien (ATT) en flexion plantaire et en flexion dorsale (figure 6).

Nous avons reparti les données en 2 groupes suivant l'importance de l'ADTA. Cette stratification a été réalisée pour un ADTA limite fixé à 83°, 85° puis 87°. Les chevilles dont le ratio tibio-talien était inférieur à 27% sur au moins une mesure (flexion dorsale ou flexion plantaire) avait un talus dit antérieur, celles dont le RTT était supérieur à 42% sur au moins une mesure avaient un talus dit postérieur. Les talus considérés comme normaux avaient un RTT compris entre 27% et 42%.

Une analyse de courbes ROC a été réalisée afin d'identifier une valeur seuil de l'ADTA pour laquelle le talus restait centré. Pour réaliser ces courbes, la translation était l'hypothèse à vérifier et le test était positif si l'ADTA était supérieur à la valeur seuil pour les translations antérieures et inférieur pour les translations postérieures.

Analyse statistique :

Les moyennes et les écarts types étaient calculés pour les variables quantitatives normales. Les comparaisons étaient effectuées par un t test de Student apparié ou non en fonction des analyses. Les corrélations étaient recherchées à l'aide du test de Pearson entre toutes les variables appariées possibles. Un modèle de régression linéaire a été testé pour les variables avec une corrélation significative. Lorsque les populations étaient classées dans des tableaux contingence nous utilisions le test exact de Fisher.

Le seuil de significativité était fixé à p=0,05. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (R project) et Excel pro (Microsoft ®) pour les courbes ROC.

RESULTATS

Caractéristiques pré opératoires :

En pré opératoire, sur les radiographies de face, 42 (63,64%) chevilles était varus et 24 (36,36%) valgus, en moyenne le MTDA était de 83,68° *+/- 4,78*. Quelle que soit la technique de mesure, RTT ou OAP, les talus étaient majoritairement translatés en antérieur.

Une corrélation a été mise en évidence entre la pente tibiale et le degré de translation antérieure du talus : corrélation entre la pente tibiale et le ratio tibio-talien avec un coefficient de 0,59 *[IQ95 0.41 - 0.73] (p<0,001)* ; corrélation entre ADTA et l'OAP avec un coefficient de -0,65 *[IQ95 -0.77 - -0.49] (p<0,001)* (Figure 7).

Caractéristiques post opératoires :

Quarante-six PdC (69,7%) étaient posées en varus et 20 en valgus (30,3%) avec un MDTA moyen de 89,21° *+/- 2,14.* Sur les radiographies de profil l'ADTA était en moyenne de 85,49° *+/- 2,51.* Sur le profil en flexion neutre, le RTT était en moyenne de 30,30 *+/- 7,44.* Sur les radiographies dynamiques, le RTT était de 39,58 *+/- 7,50* en flexion plantaire, et de 37,55 *+/- 7,71* en flexion dorsale. Il existait une différence significative entre la flexion dorsale et la flexion plantaire (p=0,007) confirmant le caractère mobile du patin polyéthylène sur l'embase tibiale.

L'OAP était en moyenne de 0,010 *+/- 0,072* en flexion dorsale et de 0,063 *+/- 0,042* en flexion plantaire, avec une différence significative *(p<0,001).* Une corrélation significative entre l'OAP et le RTT était observée en flexion dorsale (coefficient de corrélation -0,72 *[-0,82 ; -0,58]* (p < 0,001)), ce qui n'était pas le cas en flexion plantaire. L'angle gamma était en moyenne de 22,05° *+/-7.14*. L'ATT radiologique moyen en flexion dorsale était de 7,52° et en flexion plantaire de 14, 68° *+/- 7,48*. La mobilité globale radiologique dans la cheville était de 22,20° *+/- 7,98.*

Influence de la pente tibiale

Une corrélation significative a été mise en évidence entre l'ADTA et le RTT sur les clichés en flexion dorsale et en flexion plantaire avec respectivement un coefficient de détermination R^2 de 0,27 et

0,30 (Figure 8). Une corrélation significative entre ADTA et OAP n'a été mise en évidence qu'en flexion dorsale avec un coefficient de détermination R^2 de 0,24 (Tableau II). Aucune relation significative n'a été observés avec les autres paramètres analysés. Nous n'avons pas observé de corrélation entre la mobilité articulaire mesurée sur les radiographies dynamiques et l'ADTA ou les paramètres de position du talus.

La stratification par groupes selon l'ADTA (83°, 85° ou 87°) mettait en évidence une différence significative de position du talus quelle que soit l'ADTA (Tableau III) :

- Pour une limite fixée à 83°, la différence des moyennes entre les 2 groupes était de 6,55 *(p=0 ,01)* en flexion dorsale et 5,03 *(p=0,03)* en flexion plantaire ; pour une limite fixée à 85°, la différence des moyennes entre les 2 groupes était de 7,98 *(p<0,0 01)* et 8,03 *(p<0,001) ;* enfin, pour une limite à 87°, la différence des moyennes entre les 2 groupes était de 7,7 *(p<0,001)* et 8, *41 (p<0,001*).
- Une translation antérieure du talus était observée pour 27,3% des chevilles lorsque l'ADTA était inférieur à 83°. Lorsque l'ADTA était supérieur à 83°, 49,1% chevilles étaient translatées en postérieur et seulement 5,5% en antérieur. Lorsque l'ADTA était supérieur à 85°, aucune cheville n'avait un talus avec une translation antérieure et 62,2% avaient une translation postérieure. 71,4% des chevilles dont l'ADTA était supérieur à 87° avaient un talus translaté en postérieur. (Tableau IV).

Les analyses ROC ont mis en évidence une valeur seuil de l'ADTA de 84,6° au dessus de laquelle il n'existait plus aucune translation antérieure avec une sensibilité de 100% et une spécificité de 26% (*p<0,0001).* Pour cet angle seuil, les courbes ROC concernant la translation postérieure, avaient une sensibilité de 86% et une spécificité de 49%. (Figures 9 et 10).

DISCUSSION

L'analyse des données obtenues nous permet de conclure que de la pente du composant tibial de la PdC à patin mobile SALTO® influe directement sur la position du talus. L'étude des paramètres engendrant une translation du talus est importante car celle-ci engendre une usure prématurée du polyéthylène et la survenue de géodes osseuses péri prothétiques.[18,33,34] Nous confirmons ainsi notre hypothèse de travail selon laquelle une pente tibiale postérieure augmentée du composant tibial entraine une translation antérieure du talus puisque presque 30% des prothèses de notre série avec un ADTA inférieur à 83° avaient une translation antérieure du talus. Inversement et de façon beaucoup plus fréquente qu'attendu, plus l'ADTA se rapprochait de 90° et plus le talus se translatait en postérieur avec plus de 2 chevilles sur 3 présentant un talus translaté en postérieur après 87°. Dans les groupes de prothèse posées avec une ADTA supérieur à 85° la moyenne du RTT se situe au-delà de 42% ce qui constitue un échec de restauration de l'axe sagittal tibia talus, avec une translation postérieure. Ces résultats corroborent les observations de Veljkovic et coll.[35] qui rapportent un coefficient de corrélation r=0,62 entre la position sagittal du talus et angle distal tibial.

Pour les prothèses HINTEGRA®[5] (Integra Life Science, Austin, TX, USA) qui sont des implants similaires aux prothèses SALTO® car il s'agit aussi de prothèses de 3ème génération anatomiques (implant talaire tronconique) Braito et coll[30] rapportent un RTT de 32,5% +/- 5,4% pour un ADTA de 84,5° +/- 3,2°. De la même façon Lee et Coll.[36], rapportent un RTT compris entre 34,5% à 35,4% pour un ADTA compris entre 85, 2° à 85,4°. Ces données sont proches de celle que nous avons observé mais se limitent à une analyse statique en la position neutre. Nous ne pouvons pas analyser si cette translation est liée au modèle de prothèse ou à la position de la cheville car aucune étude à ce jour n'a évalué la translation du talus en fonction des différentes positions de cheville sur les prothèses HINTEGRA®.
Cho et coll.[18] ont donc proposé de positionner l'implant tibial des PdC HINTEGRA® avec un ADTA de plus de 87,3° pour limiter le risque de translation antérieure. Dans notre étude, les courbes ROC nous rapportent une valeur seuil de 84,6°. Nous proposons donc de positionner le composant tibial avec un angle cible de 84,6° pour s'affranchir du risque de translation antérieure. Cette même valeur permet par ailleurs de limiter la translation postérieure.

Les limites de cette étude outre son caractère rétrospectif nous semblent résider principalement dans la méthode de mesure de la translation du talus. Bien que la mesure du ratio tibio talien (RTT) nous paraisse être la méthode la plus adaptée et la plus reproductible, Tochigi et coll.[29,37] ont élaboré ce paramètre à partir d'une petite série de 33 chevilles saines. Ils proposent l'intervalle entre 27% et 42% pour la normalité du ratio tibio talien, ces valeurs correspondant à l'intervalle de confiance à 95% des valeurs de ce ratio. L'OAP n'a pas été utilisé pour définir la translation du talus lorsque nous avons classé les chevilles selon leur ADTA car il n'était jamais strictement égal à zéro. Les talus étaient donc soit postérieurs, soit antérieurs mais jamais centrés ce qui semble éloigné de la réalité. Par ailleurs, cette étude ne porte que sur des radiographies de face et de profil. Il s'agit donc d'une étude en 2 dimensions, une étude cinématique en 3 dimensions nous informerait d'avantage du le comportement du talus par rapport au tibia et notamment dans les mouvements de rotation axiale. Néanmoins, le recours à des clichés dynamiques nous a permis d'apprécier le comportement des chevilles au cours de la marche et il s'avère que dans le cas des prothèses de cheville à patin mobile, la position du talus varie énormément en fonction du mouvement de la cheville. Ainsi le talus peut être centré sur des radiographies de profil en position neutre et translaté dans les mouvements de flexion. A notre connaissance, cet aspect n'a pas été étudié pour les analyses du comportement des prothèses totales de cheville dans les études précédentes.

Le point fort de cette étude est d'être la série la plus importante de la littérature portant sur les PdC SALTO® à l'exception des séries promoteurs et des registres[19–21,38].

Dans cette série, l'implant tibial était positionné plus fréquemment avec un ADTA proche de 90° que dans les autres séries de la littérature portant sur les prothèses SALTO®. La pente tibiale postérieure était de 4,51° *+/- 2,51°* dans cette série contre 10° ± 4° pour Bonnin et coll.[21], 8.3 *+/- 2.1* pour Wan et coll.[40] et 5.9 *+/- 3.6* pour Hoffman et coll.[41] Cette différence est attribué au choix délibéré de l'opérateur.

Actuellement il ressort que les prothèses à patin fixe de dernière génération permettraient de s'affranchir des phénomènes de translation du talus sans pour autant surcharger le polyéthylène ou l'ancrage des implants métalliques. Usuelli et coll[42], ont d'ailleurs rapporté une majoration de la translation talienne postérieure au cours du temps avec les prothèses à patin mobile SALTO® ce qui

n’est pas le cas des prothèses à patin fixe SALTO TALARIS® (Tornier, Stafford, Texas, USA) de dernière génération. Enfin, Roukis et coll.[38] rapportent un moins grand nombre de reprise pour les prothèses à patin fixe. Il est maintenant fréquemment admis que, compte tenu de l’instabilité antéro postérieure des prothèses à patin mobile, les modèles à patin fixe de dernière génération sont les implants recommandés pour limiter ces phénomènes de translation.

CONCLUSION :

Lors de la pose des prothèses de cheville SALTO® à patin mobile, le positionnement sagittal du tibia influx directement sur la position sagittale du talus. Un angle tibial distal de moins de 84,6° entraine une translation antérieure significative du talus. A l'inverse, un angle tibial supérieur à cette valeur serait responsable d'une translation postérieure du talus. Le positionnement de l'implant tibial apparaît déterminant afin de maintenir le talus centré de manière à limiter la surcharge ligamentaire responsable de douleurs mais aussi d'un risque majoré de descellement et d'usure prématurée du polyéthylène. Il apparaît dès lors logique de limiter cet aléa thérapeutique en aillant recours aux prothèses de cheville à patin fixe de nouvelle génération qui apparaissent comme une alternative thérapeutique moins à risque en termes de cinématique prothétique.

BIBLIOGRAPHIE:

1. Lawton CD, Butler BA, Dekker RG, Prescott A, Kadakia AR. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis-a comparison of outcomes over the last decade. *J Orthop Surg*. 2017;12(1):76. doi:10.1186/s13018-017-0576-1

2. Jordan RW, Chahal GS, Chapman A. Is end-stage ankle arthrosis best managed with total ankle replacement or arthrodesis? A systematic review. *Adv Orthop*. 2014;2014:986285. doi:10.1155/2014/986285

3. Benich MR, Ledoux WR, Orendurff MS, et al. Comparison of Treatment Outcomes of Arthrodesis and Two Generations of Ankle Replacement Implants. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99(21):1792-1800. doi:10.2106/JBJS.16.01471

4. Dekker TJ, Walton D, Vinson EN, et al. Hindfoot Arthritis Progression and Arthrodesis Risk After Total Ankle Replacement. *Foot Ankle Int*. 2017;38(11):1183-1187. doi:10.1177/1071100717723130

5. Sokolowski M, Zwicky L, Schweizer C, Hintermann B. Subtalar Joint Arthritis After Total Ankle Replacement. *Foot Ankle Orthop*. 2018;3(3):2473011418S00114. doi:10.1177/2473011418S00114

6. Pedowitz DI, Kane JM, Smith GM, Saffel HL, Comer C, Raikin SM. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis. *Bone Jt J*. 2016;98-B(5):634-640. doi:10.1302/0301-620X.98B5.36887

7. Kofoed H. Scandinavian Total Ankle Replacement (STAR). *Clin Orthop*. 2004;(424):73-79. doi:10.1097/01.blo.0000132414.41124.06

8. Palanca A, Mann RA, Mann JA, Haskell A. Scandinavian Total Ankle Replacement: 15-Year Follow-up. *Foot Ankle Int*. 2018;39(2):135-142. doi:10.1177/1071100717738747

9. Zaidi R, Cro S, Gurusamy K, et al. The outcome of total ankle replacement: a systematic review and meta-analysis. *Bone Jt J*. 2013;95-B(11):1500-1507. doi:10.1302/0301-620X.95B11.31633

10. Syed F, Ugwuoke A. Ankle arthroplasty: A review and summary of results from joint registries and recent studies. *EFORT Open Rev*. 2018;3(6):391-397. doi:10.1302/2058-5241.3.170029

11. Wood PLR, Deakin S. Total ankle replacement. The results in 200 ankles. *J Bone Joint Surg*

Br. 2003;85(3):334-341.

12. Wood PLR, Karski MT, Watmough P. Total ankle replacement: the results of 100 mobility total ankle replacements. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(7):958-962. doi:10.1302/0301-620X.92B7.23852

13. Wood PLR, Prem H, Sutton C. Total ankle replacement: medium-term results in 200 Scandinavian total ankle replacements. *J Bone Joint Surg Br*. 2008;90(5):605-609. doi:10.1302/0301-620X.90B5.19677

14. Dalury DF. Cementless total knee arthroplasty: current concepts review. *Bone Jt J*. 2016;98-B(7):867-873. doi:10.1302/0301-620X.98B7.37367

15. Sopher RS, Amis AA, Calder JD, Jeffers JRT. Total ankle replacement design and positioning affect implant-bone micromotion and bone strains. *Med Eng Phys*. 2017;42:80-90. doi:10.1016/j.medengphy.2017.01.022

16. Buechel FF. Evolution of the Buechel-Pappas mobile-bearing total ankle replacement. *Foot Ankle Spec*. 2008;1(6):363-367. doi:10.1177/1938640008326842

17. Tarr RR, Resnick CT, Wagner KS, Sarmiento A. Changes in tibiotalar joint contact areas following experimentally induced tibial angular deformities. *Clin Orthop*. 1985;(199):72-80.

18. Espinosa N, Walti M, Favre P, Snedeker JG. Misalignment of total ankle components can induce high joint contact pressures. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(5):1179-1187. doi:10.2106/JBJS.I.00287

19. Faber FWM, Mastboom MJL, van Vliet-Koppert ST, Bouman ICE, van Kampen PM. Outcome after 52 Salto Ankle Prostheses Implanted by a Single Surgeon. *Adv Orthop*. 2018;2018:2735634. doi:10.1155/2018/2735634

20. Koo K, Liddle AD, Pastides PS, Rosenfeld PF. The Salto total ankle arthroplasty - Clinical and radiological outcomes at five years. *Foot Ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg*. 2019;25(4):523-528. doi:10.1016/j.fas.2018.04.003

21. Bonnin M, Gaudot F, Laurent J-R, Ellis S, Colombier J-A, Judet T. The Salto total ankle arthroplasty: survivorship and analysis of failures at 7 to 11 years. *Clin Orthop*. 2011;469(1):225-236. doi:10.1007/s11999-010-1453-y

22. Krishnapillai S, Joling B, Sierevelt IN, Kerkhoffs GMMJ, Haverkamp D, Hoornenborg D. Long-term Follow-up Results of Buechel-Pappas Ankle Arthroplasty. *Foot Ankle Int*. 2019;40(5):553-

561. doi:10.1177/1071100719828379

23. Bartel AFP, Roukis TS. Total Ankle Replacement Survival Rates Based on Kaplan-Meier Survival Analysis of National Joint Registry Data. *Clin Podiatr Med Surg*. 2015;32(4):483-494. doi:10.1016/j.cpm.2015.06.012

24. Di Iorio A, Viste A, Fessy MH, Besse JL. The AES total ankle arthroplasty analysis of failures and survivorship at ten years. *Int Orthop*. 2017;41(12):2525-2533. doi:10.1007/s00264-017-3605-0

25. Bonnin M, Judet T, Colombier JA, Buscayret F, Graveleau N, Piriou P. Midterm results of the Salto Total Ankle Prosthesis. *Clin Orthop*. 2004;(424):6-18. doi:10.1097/01.blo.0000132407.75881.a0

26. Barg A, Elsner A, Anderson AE, Hintermann B. The effect of three-component total ankle replacement malalignment on clinical outcome: pain relief and functional outcome in 317 consecutive patients. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(21):1969-1978. doi:10.2106/JBJS.J.01415

27. Cho J, Yi Y, Ahn TK, et al. Failure to restore sagittal tibiotalar alignment in total ankle arthroplasty: Its relationship to the axis of the tibia and the positioning of the talar component. *Bone Jt J*. 2015;97-B(11):1525-1532. doi:10.1302/0301-620X.97B11.33636

28. Tochigi Y, Rudert MJ, Brown TD, McIff TE, Saltzman CL. The effect of accuracy of implantation on range of movement of the Scandinavian Total Ankle Replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87(5):736-740. doi:10.1302/0301-620X.87B5.14872

29. Tochigi Y, Suh J-S, Amendola A, Saltzman CL. Ankle alignment on lateral radiographs. Part 2: reliability and validity of measures. *Foot Ankle Int*. 2006;27(2):88-92. doi:10.1177/107110070602700203

30. Braito M, Dammerer D, Reinthaler A, Kaufmann G, Huber D, Biedermann R. Effect of Coronal and Sagittal Alignment on Outcome After Mobile-Bearing Total Ankle Replacement. *Foot Ankle Int*. 2015;36(9):1029-1037. doi:10.1177/1071100715583383

31. Barg A, Elsner A, Chuckpaiwong B, Hintermann B. Insert position in three-component total ankle replacement. *Foot Ankle Int*. 2010;31(9):754-759. doi:10.3113/FAI.2010.0754

32. Hintermann B, Valderrabano V, Dereymaeker G, Dick W. The HINTEGRA ankle: rationale and short-term results of 122 consecutive ankles. *Clin Orthop*. 2004;(424):57-68. doi:10.1097/01.blo.0000132462.72843.e8

33. Arcângelo J, Guerra-Pinto F, Pinto A, Grenho A, Navarro A, Martin Oliva X. Peri-prosthetic bone cysts after total ankle replacement. A systematic review and meta-analysis. *Foot Ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg*. 2019;25(2):96-105. doi:10.1016/j.fas.2017.11.002

34. Cenni F, Leardini A, Cheli A, et al. Position of the prosthesis components in total ankle replacement and the effect on motion at the replaced joint. *Int Orthop*. 2012;36(3):571-578. doi:10.1007/s00264-011-1323-6

35. Veljkovic A, Norton A, Salat P, et al. Sagittal Distal Tibial Articular Angle and the Relationship to Talar Subluxation in Total Ankle Arthroplasty. *Foot Ankle Int*. 2016;37(9):929-937. doi:10.1177/1071100716660523

36. Lee K-B, Kim M-S, Park K-S, Cho K-J, Primadhi A. Effect of anterior translation of the talus on outcomes of three-component total ankle arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord*. 2013;14:260. doi:10.1186/1471-2474-14-260

37. Tochigi Y, Suh J-S, Amendola A, Pedersen DR, Saltzman CL. Ankle alignment on lateral radiographs. Part 1: sensitivity of measures to perturbations of ankle positioning. *Foot Ankle Int*. 2006;27(2):82-87. doi:10.1177/107110070602700202

38. Roukis TS, Elliott AD. Incidence of revision after primary implantation of the Salto ® mobile version and Salto Talaris ™ total ankle prostheses: a systematic review. *J Foot Ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg*. 2015;54(3):311-319. doi:10.1053/j.jfas.2014.05.005

39. Gagne OJ, Veljkovic A, Townshend D, Younger A, Wing KJ, Penner MJ. Intraoperative Assessment of the Axial Rotational Positioning of a Modern Ankle Arthroplasty Tibial Component Using Preoperative Patient-Specific Instrumentation Guidance. *Foot Ankle Int*. July 2019:1071100719856548. doi:10.1177/1071100719856548

40. Wan DD, Choi WJ, Shim DW, Hwang Y, Park YJ, Lee JW. Short-term Clinical and Radiographic Results of the Salto Mobile Total Ankle Prosthesis. *Foot Ankle Int*. 2018;39(2):155-165. doi:10.1177/1071100717737988

41. Hofmann KJ, Shabin ZM, Ferkel E, Jockel J, Slovenkai MP. Salto Talaris Total Ankle Arthroplasty: Clinical Results at a Mean of 5.2 Years in 78 Patients Treated by a Single Surgeon. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(24):2036-2046. doi:10.2106/JBJS.16.00090

42. Usuelli FG, Manzi L, Brusaferri G, Neher RE, Guelfi M, Maccario C. Sagittal tibiotalar translation and clinical outcomes in mobile and fixed-bearing total ankle replacement. *Foot Ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg*. 2017;23(2):95-101. doi:10.1016/j.fas.2016.08.005

ANNEXES

Tableau I : Caractéristiques de la série

Age	**Années +/- sd, intervalle**	**64,73 *+/- 10,92 [39 – 83]***
Genre	Hommes (%)	30 [45,45]
	Femmes (%)	36 [54,55]
Côté	Droit (%)	31 [46,97%]
	Gauche (%)	35 [53,03%]
Axe frontal	Degrés, *sd*[intervalle]	89,49 *+/- 4,93 [80,05 – 102,32]*
Axe sagittal	Degrés, *sd*[intervalle]	83,68 *+/- 4,79 [75,04 – 95,96]*
Ratio Tibio-talien	%, *sd* [intervalle]	36,61 *+/- 6,94 [20,70 – 52,59]*
Offset antéro postérieur	N, *sd*[intervalle]	0,040 *+/- 0,064 [0,025- 0,057]*

Tableau II : corrélation des mesures avec la pente tibiale

	Coefficient de corrélation	p	R carré
Ratio tibio talien/ADTA			
- **Flexion dorsale**	0,52 [0,32 ; 0,68]	< 0,001	0,27
- **Flexion plantaire**	0,54 [0,35 ; 0,69]	< 0,001	0,30
Offset/ADTA			
- **Flexion dorsale**	-0,49 [-0,65 ; - 0,28]	< 0,001	0,24
- **Flexion plantaire**	-0,041 [-0,28 ; 0,20]	0,74	0,0017

Tableau III: Ratio tibio talien par rapport à l'ADTA

	Flexion dorsale	**Flexion plantaire**
<83°	32,10	35,55
≥83°	38,65	40,58
p	*0,01**	*0,03**
<85°	33,08	35,07
≥85°	41,06	**43,10**
p	*<0,001**	*<0,001**
<87°	34,99	36,77
≥87°	**42,69**	**45,18**
p	*<0,001**	*<0,001*

Tableau IV : tableau de contingence, position du talus par le ratio tibio talien en fonction de l'ADTA

	Antérieur, n (%)	**Postérieur, n (%)**	**Normal, n (%)**	**p**
< 83°	3 (**27.3**)	2 (**18.2**)	6 (**54.5**)	
				0,035
≥ 83°	3 (**5,5**)	27 (**49.1**)	25 (**45.5**)	
				(Fisher)
< 85°	6 (**20.7**)	6 (**20.7**)	17 (**58.6**)	
				0.00018
≥ 85°	0	23 (**62.2**)	14 (**37,8**)	
				(Fisher)
< 87°	6 (**13**)	14 (**30,4**)	26 (**56,6**)	
				0,0044
≥ 87°	0	15 (**71,4**)	6 (**28,6**)	
				(Fisher)

Figure 1 : ADTA (α)

Angle formé entre l'axe tibial diaphysaire et la tangente à la surface articulaire tibiale distale sagittale.

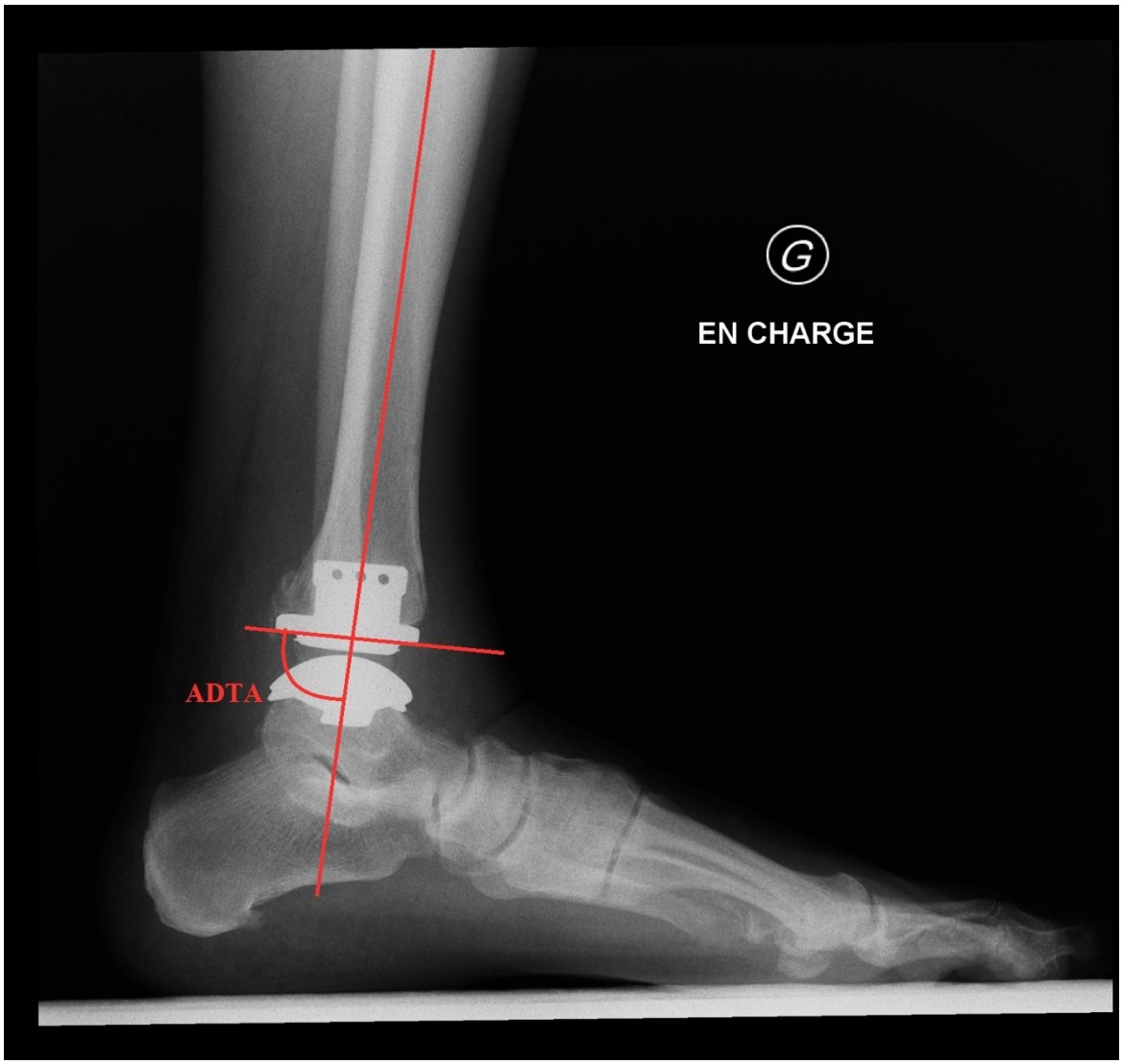


Figure 2 : Ratio tibio talien : (AC/AB)x100

Une ligne horizontale, parallèle au plan du pied est tracée en coupant le point le plus postérieur du talus au niveau de l'articulation sous talienne (A), on reporte sur cette droite le point le plus antérieur du talus (B). L'axe tibial diaphysaire est tracé et coupe cette droite en un point C.

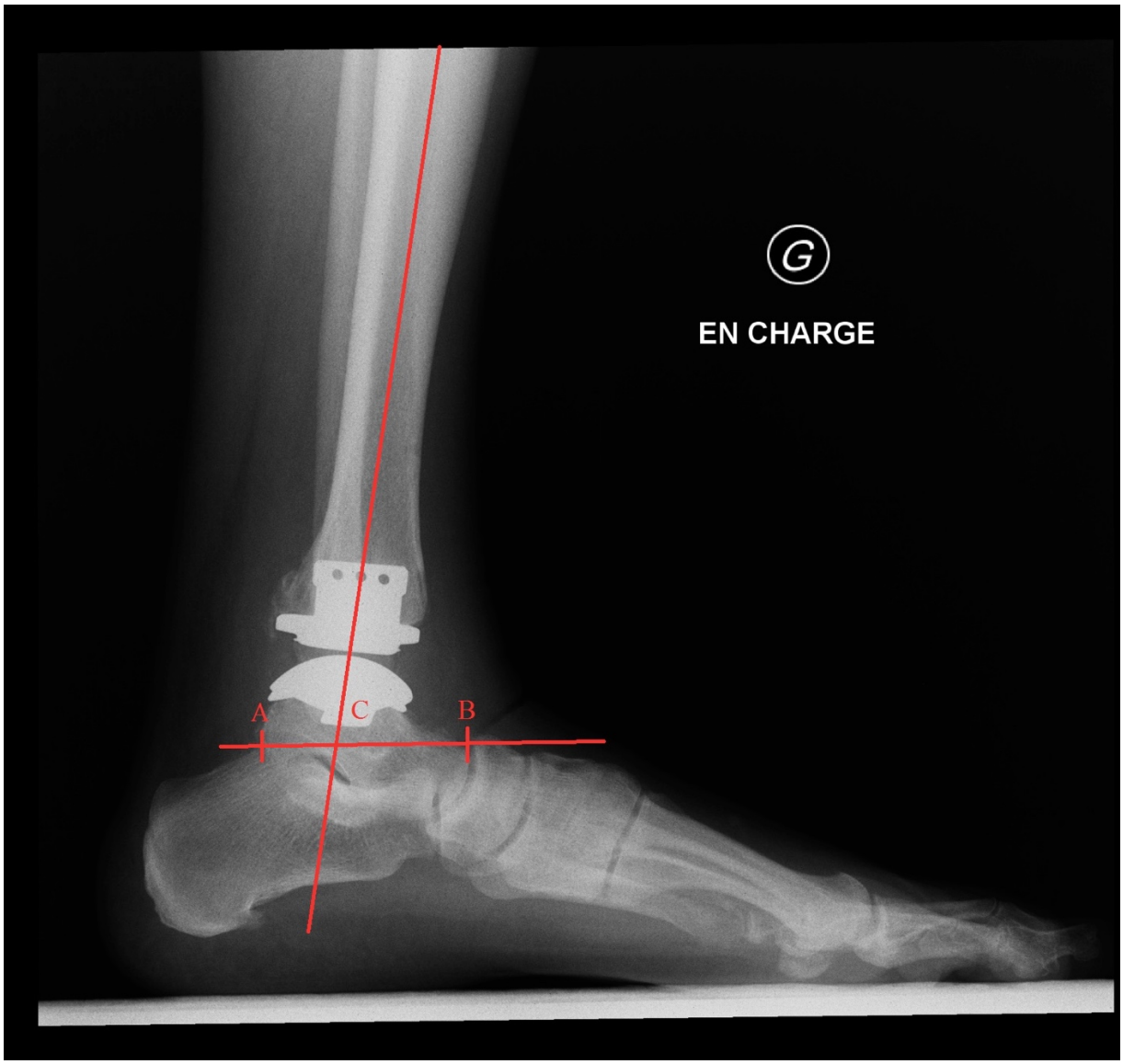


Figure 3 : offset talien (d).

Distance entre le centre du cercle du diamètre du talus et l'axe diaphysaire tibio talien

Cette mesure est rapportée à la longueur antéro-postérieure du talus pour s'affranchir des problèmes d'échelle.

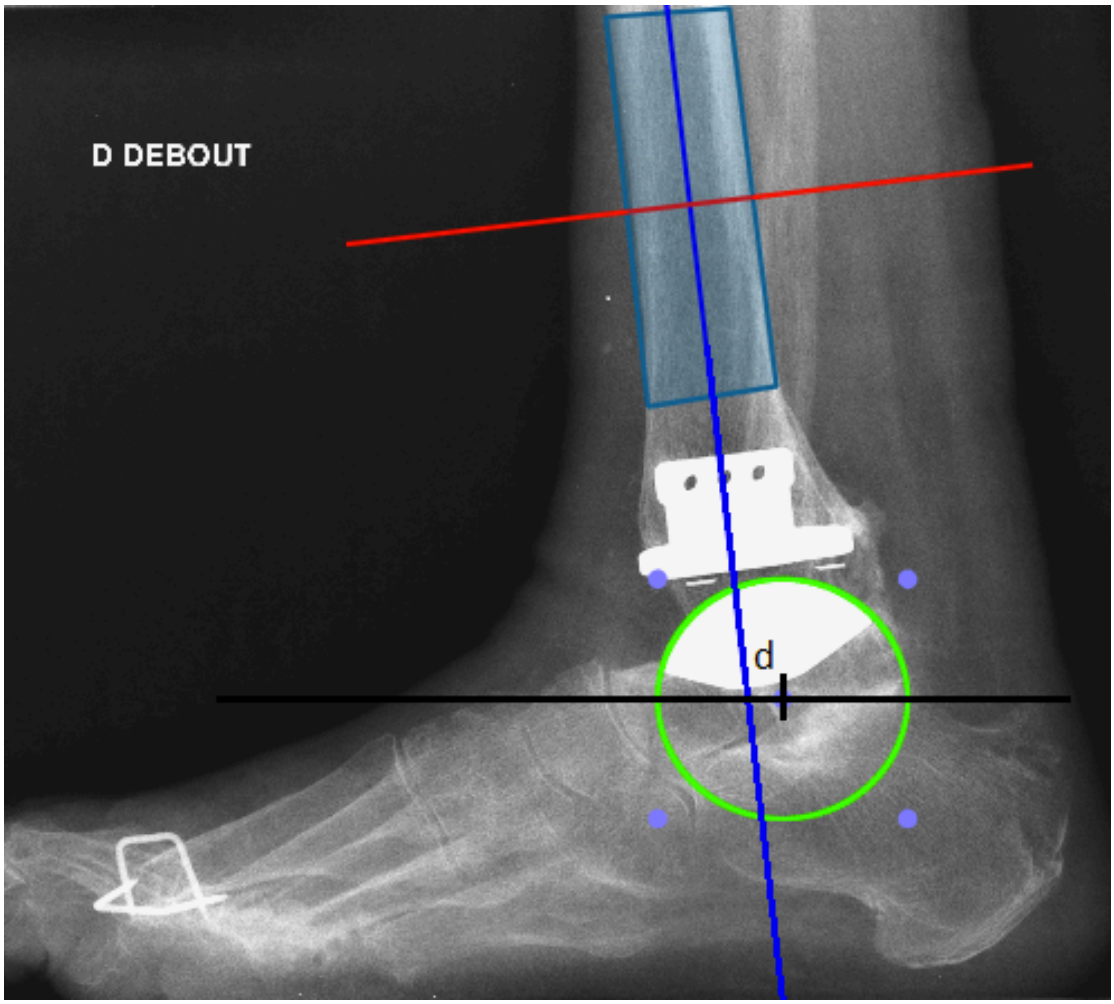


Figure 4 : MDTA (β)

Angle formé entre l'axe tibial diaphysaire et la tangente à la surface articulaire tibiale distale frontale.

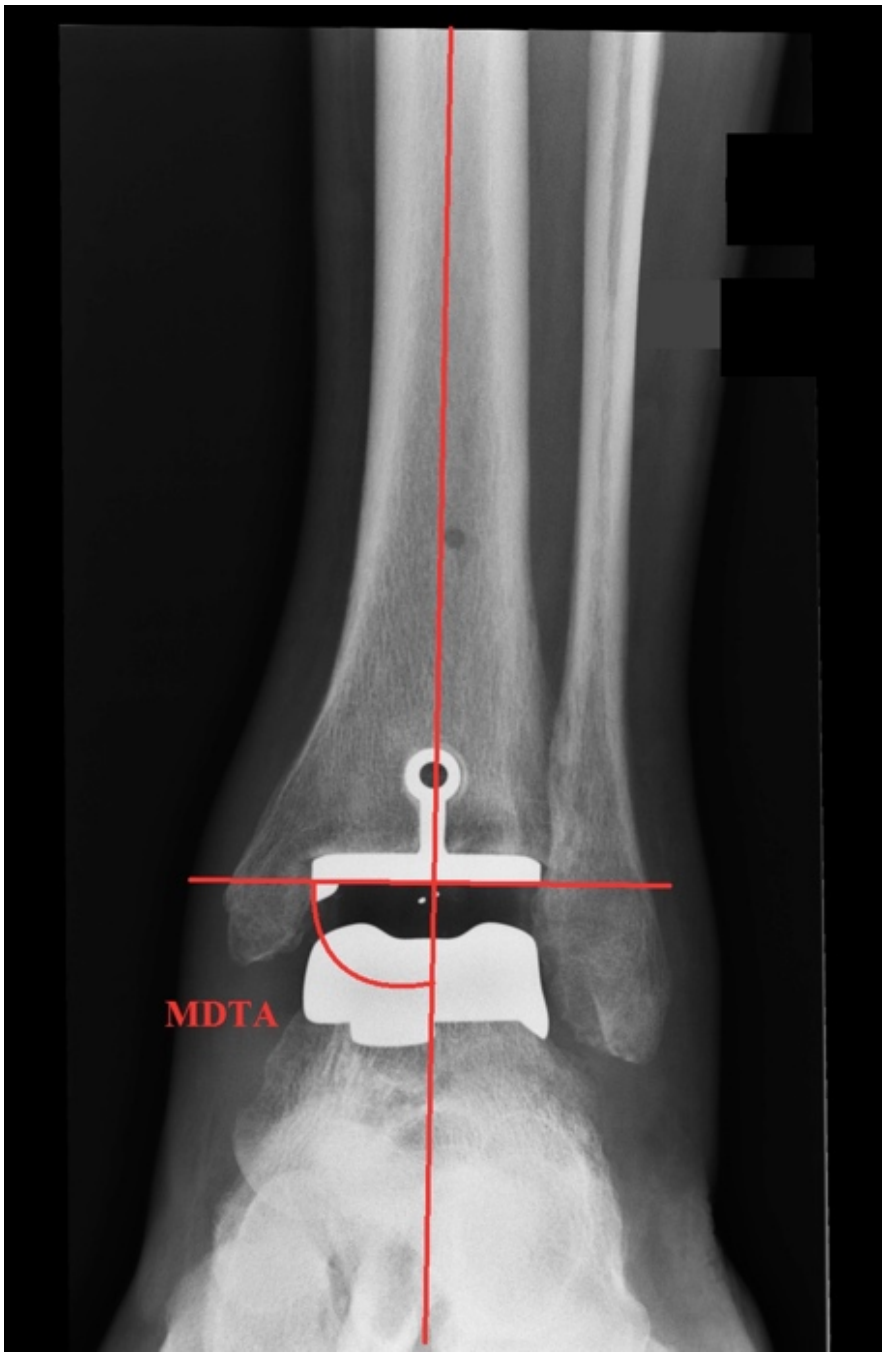


Figure 5 : Angle gamma (γ)

Angle formé entre l'axe de l'implant talien et l'axe anatomique du talus.

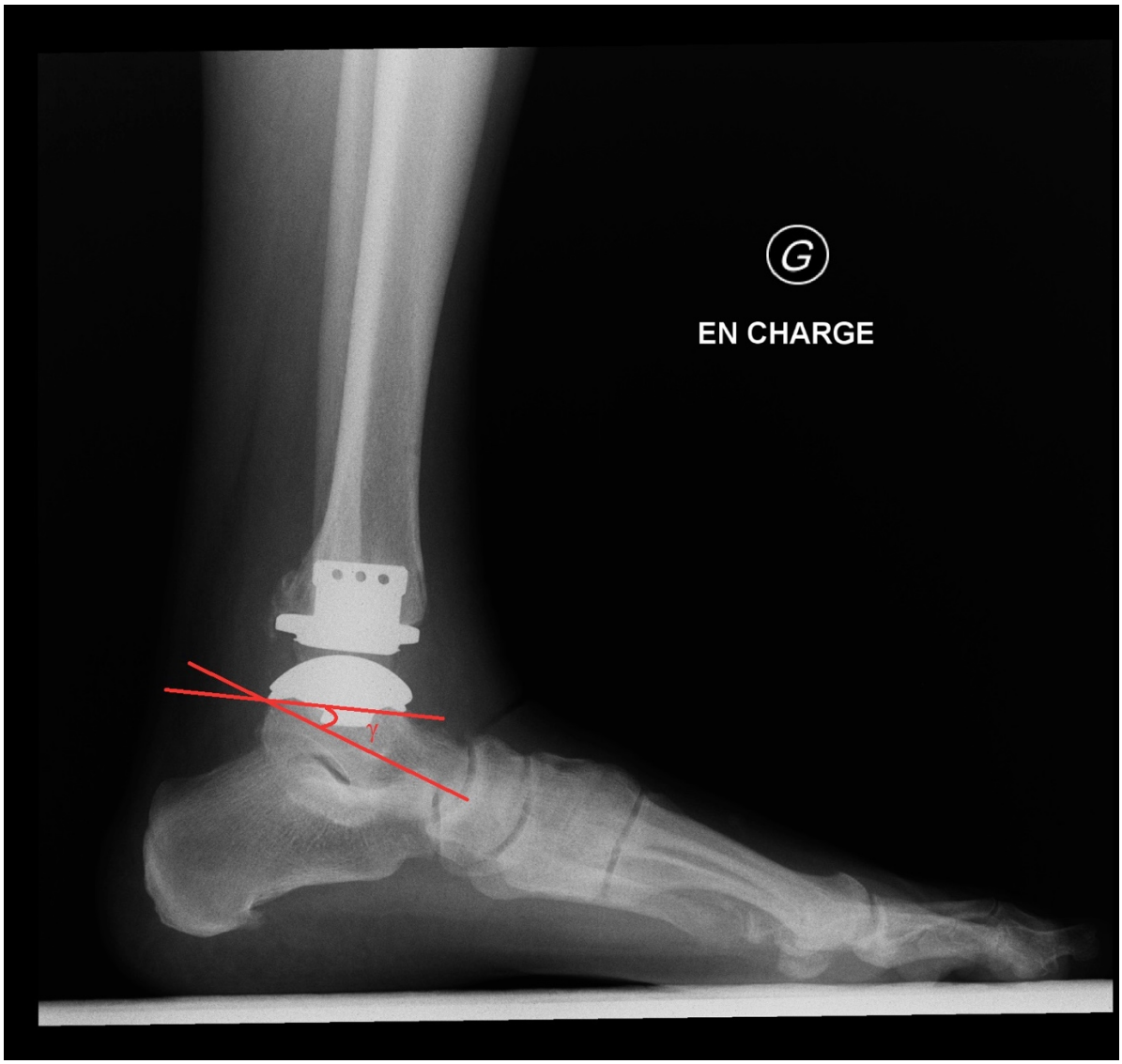


Figure 6 : Angle Tibio Talien (ATT)

Angle formé entre la tangente à la surface articulaire tibiale distale sagittale et la droite passant par les extrémités antérieures et postérieures de l'implant talien.

Figure 7 : corrélation entre pente tibiale et translation antérieure du talus pré opératoire

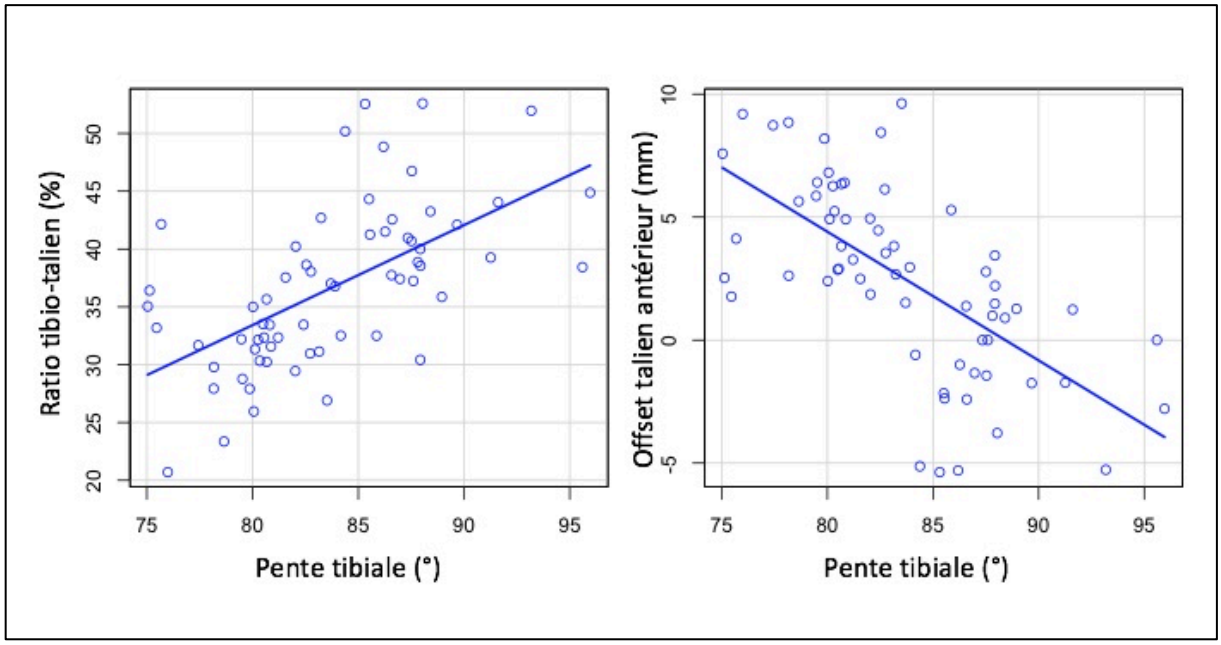


Figure 8 : corrélation entre pente tibiale et ratio tibio talien post opératoire

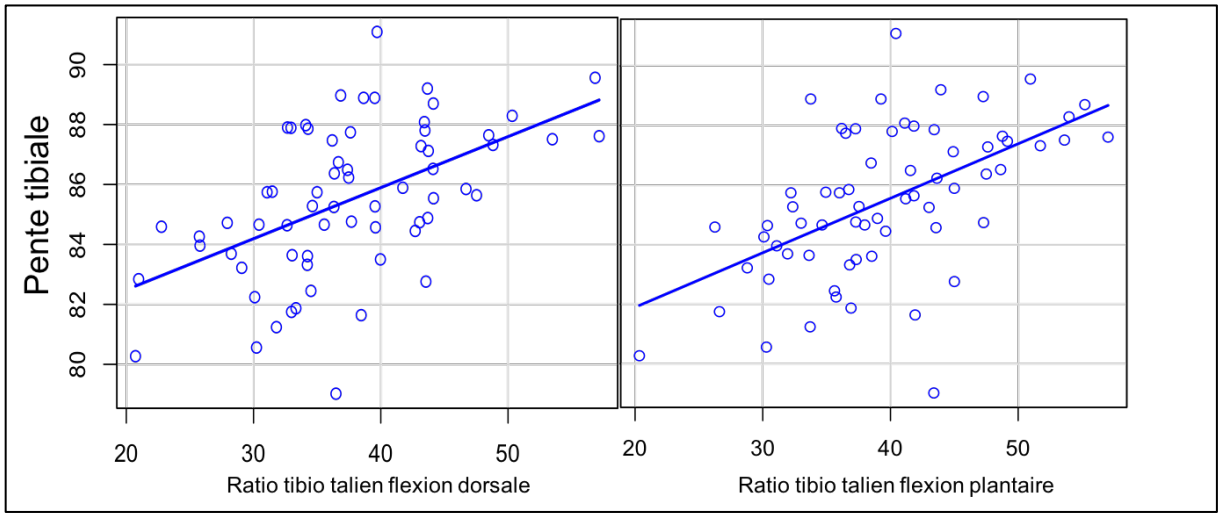


Figure 9 : courbe ROC de la translation antérieure

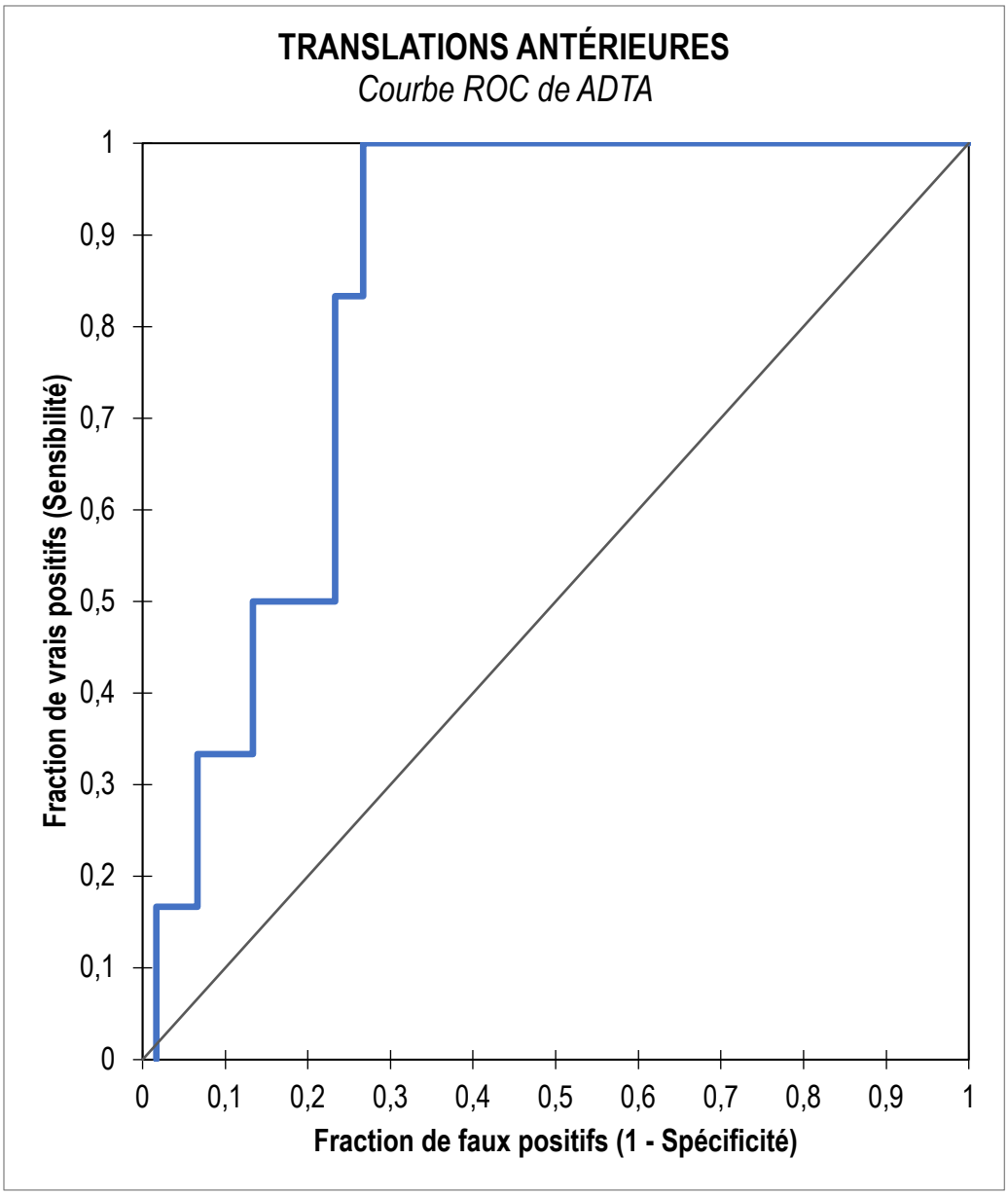
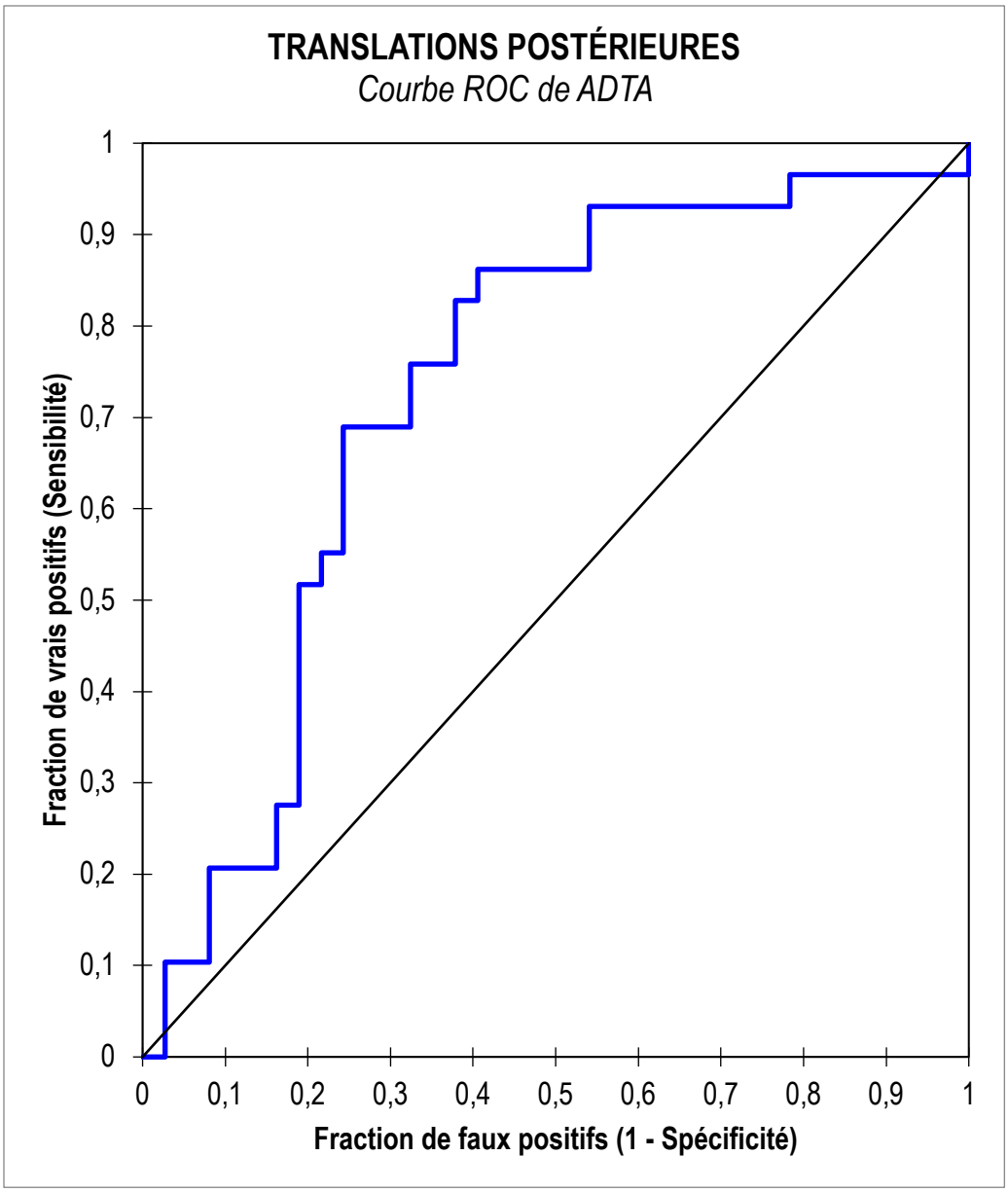


Figure 10 : courbe ROC de la translation postérieure



Vu, le Directeur de Thèse

Vu, le Doyen
De la Faculté de Médecine de Tours
Tours, le

AUBOYNEAU Gaspard

43Pages –4Tableaux – 10 Figures

Introduction : Le but de l'étude était d'analyser l'influence de la pente tibiale sur le positionnement sagittal du talus pour les prothèses de cheville (PdC) à patin mobile. L'hypothèse était qu'un excès de pente sagittale dans la pièce tibiale entrainait une translation antérieure exposant à un risque majoré de complication et d'échec.

Matériels et méthodes : Il s'agissait d'une étude rétrospective mono centrique de 77 prothèses de cheville SALTO® (Tornier, SAS France). Nous avons mesuré la pente tibiale par l'angle tibial distal et la translation antérieure du talus par le ratio tibio talien (RTT) sur les radiographies dynamiques en charge réalisées pour le suivi.

Une corrélation entre ces 2 données a été recherchée puis 2 groupes ont été formés afin de trouver une pente tibiale au-delà de laquelle une translation antérieure s'observait.

Résultats : Nous avons observé un angle tibial distal moyen de 85,48 +/-2,51 ° et un ratio tibio talien de 30,30 +/- 7,44 % de moyenne en position neutre, 39,58%+/- 7,50° en flexion plantaire et 37,55%+/- 7,71° en flexion dorsale Une corrélation significative a été observé entre le ratio tibio talien et la pente tibiale.

Conclusion : Le positionnement sagittal du tibia agit directement sur la position du talus. Un excès de pente entraine une translation antérieure mais une pente trop faible est responsable d'une translation postérieure de manière plus importante. Le positionnement de l'implant tibial est donc déterminant afin de maintenir un talus centré et limiter la surcharge ligamentaire responsables de complication. Les prothèses de cheville à patin fixe apparaissent dès lors comme une alternative thérapeutique moins risquée en termes de cinématique prothétique.

Mots clés : prothèse de cheville, patin mobile, ratio tibio talien, pente tibiale postérieure distale.

Jury :

Président du Jury :	Professeur Philippe ROSSET
Directeur de thèse :	Professeur Jean BRILHAULT
Membres du Jury :	Professeur Luc FAVARD
	Docteur Ronny LOPES
	Docteur Walid LAKHAL

Date de soutenance : 16 Octobre 2019