



**HAL**  
open science

# Évaluation stéréoradiographique EOS des cals vicieux diaphysaires fémoraux après enclouage centromédullaire : à propos d'une série prospective continue de 48 patients à 9 mois de recul

Benoît Orfeuvre

► **To cite this version:**

Benoît Orfeuvre. Évaluation stéréoradiographique EOS des cals vicieux diaphysaires fémoraux après enclouage centromédullaire : à propos d'une série prospective continue de 48 patients à 9 mois de recul . Médecine humaine et pathologie. 2018. dumas-01814758

**HAL Id: dumas-01814758**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01814758>**

Submitted on 13 Jun 2018

**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 n'a pas été réévalué depuis la date de soutenance.

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 au SID de Grenoble :  
[bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:bump-theses@univ-grenoble-alpes.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/juridique/droit-auteur>

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

Année 2018

**EVALUATION STEREO RADIOGRAPHIQUE EOS DES CALS VICIEUX  
DIAPHYSAIRES FEMORAUX APRES ENCLOUAGE CENTROMEDULLAIRE. A  
PROPOS D'UNE SERIE PROSPECTIVE CONTINUE DE 48 PATIENTS A 9 MOIS  
DE REcul.**

THÈSE  
PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU TITRE DE DOCTEUR EN MÉDECINE  
DIPLOME D'ÉTAT

Par Benoît ORFEUVRE

[Données à caractère personnel]

THÈSE SOUTENUE PUBLIQUEMENT À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE  
GRENOBLE

Le 8 juin 2018

DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE

Président du jury : M. le Professeur Dominique SARAGAGLIA

Membres :

M. le Professeur Jérôme TONETTI (directeur de thèse)

M. le Professeur Aurélien COURVOISIER

M. le Docteur Renaud BARTHELEMY

M. le Docteur Mehdi BOUDISSA

*L'UFR de Médecine de Grenoble n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions sont considérées comme propres à leurs auteurs.*

**« Un grand pouvoir implique de grandes responsabilités » Spiderman**

# 1. Liste des enseignants à L'UFR de médecine année 2017-2018



Doyen de la Faculté : Pr. Patrice MORAND

Année 2017-2018

## ENSEIGNANTS A L'UFR DE MEDECINE

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	ALBALADEJO Pierre	Anesthésiologie réanimation
PU-PH	APEL Florent	Ophthalmologie
PU-PH	ARVIEUX-BARTHELEMY Catherine	Chirurgie générale
PU-PH	BAILLET Athan	Rhumatologie
PU-PH	BARONE-ROCHETTE Gilles	Cardiologie
PU-PH	BAYAT Sam	Physiologie
PU-PH	BENHAMOU Pierre Yves	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BERGER François	Biologie cellulaire
MCU-PH	BIDART-COUTTON Marie	Biologie cellulaire
MCU-PH	BOISSET Sandrine	Agents infectieux
PU-PH	BONAZ Bruno	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie
PU-PH	BONNETIERE Vincent	Médecine et santé au travail
PU-PH	BOREL Anne-Laure	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BOSSON Jean-Luc	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	BOTTARI Serge	Biologie cellulaire
PU-PH	BOUGEROL Thierry	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	BOUILLET Laurence	Médecine interne
PU-PH	BOUZAT Pierre	Réanimation
MCU-PH	BRENIER-PINCHART Marie Pierre	Parasitologie et mycologie
PU-PH	BRICAULT Ivan	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	BRICHON Pierre-Yves	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
MCU-PH	BRIOT Raphaël	Thérapeutique, médecine d'urgence
MCU-PH	BROUILLET Sophie	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
PU-PH	CAHN Jean-Yves	Hématologie
PU-PH	CARPENTIER Françoise	Thérapeutique, médecine d'urgence
PU-PH	CARPENTIER Patrick	Chirurgie vasculaire, médecine vasculaire
PU-PH	CESBRON Jean-Yves	Immunologie
PU-PH	CHABARDES Stephan	Neurochirurgie
PU-PH	CHABRE Olivier	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	CHAFFANJON Philippe	Anatomie
PU-PH	CHARLES Julie	Dermatologie
PU-PH	CHAVANON Olivier	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
PU-PH	CHIQUET Christophe	Ophthalmologie

PU-PH	CHIRICA Mircea	Chirurgie générale
PU-PH	CINQUIN Philippe	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	CLAVARINO Giovanna	Immunologie
PU-PH	COHEN Olivier	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	COURVOISIER Aurélien	Chirurgie infantile
PU-PH	COUTURIER Pascal	Gériatrie et biologie du vieillissement
PU-PH	CRACOWSKI Jean-Luc	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PU-PH	CURE Hervé	Oncologie
PU-PH	DEBILLON Thierry	Pédiatrie
PU-PH	DECAENS Thomas	Gastro-entérologie, Hépatologie
PU-PH	DEMATTEIS Maurice	Addictologie
MCU-PH	DERANSART Colin	Physiologie
PU-PH	DESCOTES Jean-Luc	Urologie
MCU-PH	DETANTE Olivier	Neurologie
MCU-PH	DIETERICH Klaus	Génétique et procréation
MCU-PH	DOUTRELEAU Stéphane	Physiologie
MCU-PH	DUMESTRE-PERARD Chantal	Immunologie
PU-PH	EPAULARD Olivier	Maladies Infectieuses et Tropicales
PU-PH	ESTEVE François	Biophysique et médecine nucléaire
MCU-PH	EYSSERIC Hélène	Médecine légale et droit de la santé
PU-PH	FAGRET Daniel	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	FAUCHERON Jean-Luc	Chirurgie générale
MCU-PH	FAURE Julien	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	FERRETTI Gilbert	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	FEUERSTEIN Claude	Physiologie
PU-PH	FONTAINE Éric	Nutrition
PU-PH	FRANCOIS Patrice	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MCU-MG	GABOREAU Yoann	Médecine Générale
PU-PH	GARBAN Frédéric	Hématologie, transfusion
PU-PH	GAUDIN Philippe	Rhumatologie
PU-PH	GAVAZZI Gaétan	Gériatrie et biologie du vieillissement
PU-PH	GAY Emmanuel	Neurochirurgie
MCU-PH	GILLOIS Pierre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	GRAND Sylvie	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	GRIFFET Jacques	Chirurgie infantile
PU-PH	GUEBRE-EGZIABHER Fitsum	Néphrologie
MCU-PH	GUZUN Rita	Endocrinologie, diabétologie, nutrition, éducation thérapeutique
PU-PH	HAINAUT Pierre	Biochimie, biologie moléculaire
PU-PH	HENNEBICQ Sylviane	Génétique et procréation
PU-PH	HOFFMANN Pascale	Gynécologie obstétrique
PU-PH	HOMMEL Marc	Neurologie
PU-MG	IMBERT Patrick	Médecine Générale
PU-PH	JOUK Pierre-Simon	Génétique
PU-PH	JUVIN Robert	Rhumatologie

PU-PH	KAHANE Philippe	Physiologie
MCU-PH	KASTLER Adrian	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	KRACK Paul	Neurologie
PU-PH	KRAINIK Alexandre	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	LABARERE José	Epidémiologie ; Eco. de la Santé
MCU-PH	LABLANCHE Sandrine	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
MCU-PH	LANDELLE Caroline	Bactériologie - virologie
MCU-PH	LAPORTE François	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH	LARDY Bernard	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH	LARRAT Sylvie	Bactériologie, virologie
MCU - PH	LE PISSART Audrey	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	LECCIA Marie-Thérèse	Dermato-vénérologie
PU-PH	LEROUX Dominique	Génétique
PU-PH	LEROY Vincent	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie
PU-PH	LEVY Patrick	Physiologie
PU-PH	LONG Jean-Alexandre	Urologie
PU-PH	MAGNE Jean-Luc	Chirurgie vasculaire
MCU-PH	MAIGNAN Maxime	Thérapeutique, médecine d'urgence
PU-PH	MAITRE Anne	Médecine et santé au travail
MCU-PH	MALLARET Marie-Reine	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MCU-PH	MARLU Raphaël	Hématologie, transfusion
MCU-PH	MAUBON Danièle	Parasitologie et mycologie
PU-PH	MAURIN Max	Bactériologie - virologie
MCU-PH	MC LEER Anne	Cytologie et histologie
PU-PH	MERLOZ Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	MORAND Patrice	Bactériologie - virologie
PU-PH	MOREAU-GAUDRY Alexandre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	MORO Elena	Neurologie
PU-PH	MORO-SIBILOT Denis	Pneumologie
PU-PH	MOUSSEAU Mireille	Cancérologie
PU-PH	MOUTET François	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
MCU-PH	PACLET Marie-Hélène	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	PALOMBI Olivier	Anatomie
PU-PH	PARK Sophie	Hémato - transfusion
PU-PH	PASSAGLIA Jean-Guy	Anatomie
PU-PH	PAYEN DE LA GARANDERIE Jean-François	Anesthésiologie réanimation
MCU-PH	PAYSANT François	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	PELLETIER Laurent	Biologie cellulaire
PU-PH	PELLOUX Hervé	Parasitologie et mycologie
PU-PH	PEPIN Jean-Louis	Physiologie
PU-PH	PERENNOU Dominique	Médecine physique et de réadaptation
PU-PH	PERNOD Gilles	Médecine vasculaire
PU-PH	PIOLAT Christian	Chirurgie infantile
PU-PH	PISON Christophe	Pneumologie

PU-PH	PLANTAZ Dominique	Pédiatrie
PU-PH	POIGNARD Pascal	Virologie
PU-PH	POLACK Benoît	Hématologie
PU-PH	POLOSAN Mircea	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	PONS Jean-Claude	Gynécologie obstétrique
PU-PH	RAMBEAUD Jacques	Urologie
PU-PH	RAY Pierre	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
PU-PH	REYT Émile	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	RIGHINI Christian	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	ROMANET Jean Paul	Ophthalmologie
PU-PH	ROSTAING Lionel	Néphrologie
MCU-PH	ROUSTIT Matthieu	Pharmacologie fondamentale, pharmaco clinique, addictologie
MCU-PH	ROUX-BUISSON Nathalie	Biochimie, toxicologie et pharmacologie
MCU-PH	RUBIO Amandine	Pédiatrie
PU-PH	SARAGAGLIA Dominique	Chirurgie orthopédique et traumatologie
MCU-PH	SATRE Véronique	Génétique
PU-PH	SAUDOU Frédéric	Biologie Cellulaire
PU-PH	SCHMERBER Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	SCHWEBEL-CANALI Carole	Réanimation médicale
PU-PH	SCOLAN Virginie	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	SEIGNEURIN Arnaud	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	STAHL Jean-Paul	Maladies infectieuses, maladies tropicales
PU-PH	STANKE Françoise	Pharmacologie fondamentale
MCU-PH	STASIA Marie-José	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	STURM Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
PU-PH	TAMISIER Renaud	Physiologie
PU-PH	TERZI Nicolas	Réanimation
MCU-PH	TOFFART Anne-Claire	Pneumologie
PU-PH	TONETTI Jérôme	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	TOUSSAINT Bertrand	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	VANZETTO Gérald	Cardiologie
PU-PH	VUILLEZ Jean-Philippe	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	WEIL Georges	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	ZAOUI Philippe	Néphrologie
PU-PH	ZARSKI Jean-Pierre	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie

**PU-PH** : Professeur des Universités et Praticiens Hospitaliers  
**MCU-PH** : Maître de Conférences des Universités et Praticiens Hospitaliers  
**PU-MG** : Professeur des Universités de Médecine Générale  
**MCU-MG** : Maître de Conférences des Universités de Médecine Générale



## 2. Table des matières

### Table des matières

<b>1. LISTE DES ENSEIGNANTS A L'UFR DE MEDECINE ANNEE 2017-2018 .....</b>	<b>3</b>
<b>2. TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>7</b>
<b>3. REMERCIEMENTS .....</b>	<b>8</b>
<b>4. RESUME .....</b>	<b>15</b>
<b>5. INTRODUCTION .....</b>	<b>16</b>
<b>6. MATERIEL ET METHODE .....</b>	<b>17</b>
6.1. <i>POPULATION</i> .....	17
6.2. <i>TECHNIQUE OPERATOIRE</i> .....	18
6.3. <i>EVALUATION</i> .....	18
6.4. <i>ANALYSE STATISTIQUE</i> .....	22
<b>7. RESULTATS .....</b>	<b>23</b>
<b>8. DISCUSSION .....</b>	<b>30</b>
8.1. <i>LIMITATIONS</i> .....	30
8.2. <i>TROUBLES DE ROTATION</i> .....	30
8.3. <i>CRITERES SECONDAIRES</i> .....	34
8.4. <i>COMPLICATIONS</i> .....	35
<b>9. CONCLUSION .....</b>	<b>36</b>
<b>10. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>37</b>
<b>11. ANNEXES .....</b>	<b>40</b>
<b>12. RESUME EN ANGLAIS .....</b>	<b>41</b>
<b>13. PERMIS D'IMPRESSION .....</b>	<b>42</b>
<b>14. SERMENT D'HIPPOCRATE .....</b>	<b>43</b>

### **3. Remerciements**

#### **A mes maîtres et membres du jury**

Mr le Professeur Dominique SARAGAGLIA :

Monsieur, je vous remercie de me faire l'honneur de présider ce jury de thèse. Votre rigueur et votre critique sur la chirurgie font de vous un maître dans notre discipline. Je suis fier d'être votre élève et j'essayerai de transmettre à mon tour l'apprentissage que vous m'avez offert dans cette école que vous avez créée. Je vous remercie aussi pour les moments « complices » que nous avons partagé comme cette fois où vous m'avez fait appeler par Valérie, votre secrétaire, pour venir en urgence dans votre bureau... Vous vouliez connaître le nom de mon carrossier...ou encore le nom de médicament « Izalgie », mal orthographié, que vous avez trouvé bien beau, et que vous auriez bien donné en prénom à ma fille.

Mr le Pr Jérôme TONETTI :

Monsieur, je vous remercie sincèrement pour l'achèvement de ce travail de thèse que nous avons mené ensemble depuis mon 2<sup>e</sup> semestre. En effet, c'est innocemment en venant prendre conseil auprès de vous pour aller au Canada, qu'en sortant de votre bureau je me suis retrouvé avec ce sujet de thèse. Avoir eu la chance d'organiser mon travail sur 4 ans et d'avoir revu les patients de manière prospective me permet aujourd'hui d'être extrêmement fier du travail accompli. Je vous remercie pour l'enseignement que vous m'avez apporté, et votre volonté de prendre soin des internes. Enfin, j'essayerai de me rappeler cette phrase que vous n'avez de cesse de me dire : «Relax, ne le prends pas personnellement »

Mr le Pr Aurélien COURVOISIER :

Merci d'avoir accepté de faire parti de mon jury et de juger ce travail. Merci d'avoir toujours eu cette gentillesse et ces projets pour faire avancer notre formation que j'aurai plaisir à poursuivre en novembre prochain. Promis j'essayerai de ne pas t'appeler pendant ton jogging...

Mr le Dr Renaud BARTHELEMY :

Renaud, tu as toujours été disponible et à l'écoute. C'est grâce à tous ces EOS que tu as interprétés que cette étude a vu le jour. Merci pour ton expertise et tes conseils. Soit en sûr, nous continuerons à travailler ensemble.

Mr le Dr Mehdi BOUDISSA :

Cher Champion ahah, cher Dedidoudiffa, Dr Boubou, Boud, autant de noms qui montrent les bons moments que nous avons pu passer ensemble. Merci d'être toujours à l'écoute, disponible et j'en passe. En effet, l'orthopédie Grenobloise à besoin de jeunes et en voyant ta rigueur, Grenoble aura de beaux jours devant elle dans la chirurgie du bassin et du rachis. Merci d'être resté toi même... Nous pourrions nous commémorer 2 anecdotes : ton déhanché mythique sur les airs de Disney en Pédiatrie et cet hôtel de passe de Nîmes où nous avons entendu ces cris de l'espace...Merci. Tu prendras quand tu veux ta revanche au barbecue.

### **A mes séniors**

A Monsieur le Professeur Philippe MERLOZ, pour votre écoute, vos « cas d'école » et votre gentillesse bienveillante surtout les samedis matins.

A Monsieur le Professeur Jacques GRIFFET, pour vos conseils sur la chirurgie mais pas seulement. C'est avec grand plaisir que je ferai parti de votre équipe en Novembre et je m'en réjouis.

Au Docteur Régis PAILHE, merci pour ton implication, ta simplicité et tes conseils pour la chirurgie et la science. Je te dois mon premier article et je t'en remercie. Travailler avec toi sera vraiment un plaisir. Merci aussi pour ce soutien que tu peux m'apporter lors des remplacements.

Au Docteur Stéphane PLAWESKI, pour m'avoir laissé ma première arthroscopie.

Au Docteur Brice RUBENS-DUVAL, pour ces semestres partagés, tes qualités humaines et ta bonne humeur. Tes conseils et astuces chirurgicales m'aident déjà. J'espère continuer à prendre le café dans ton bureau le matin encore longtemps. Merci.

Au Docteur Roch MADER, pour tes conseils et ta confiance. Merci pour cette traumatologie que tu m'as laissé et nos échanges sur le vélo et nos forfaits téléphoniques.

Au Docteur Vincent MORIN, pour tes conseils avisés sur la chirurgie. Merci aussi pour toutes ces fameuses théories à la VM qui font de toi la personne que tu es.

Au Docteur Olivier SEURAT, pour ce premier semestre à Annecy où tu m'as impressionné. Et pour nos échanges chirurgicaux ou non que nous avons pu avoir.

Au Docteur René-Christopher ROUCHY, merci pour ta rigueur, ces conseils avisés permettant de faire de la belle chirurgie. Une référence !!!

Au Docteur Sébastien RUATTI, au coach. Merci d'avoir été là, pour ta manière d'aborder la chirurgie et le management des équipes. Ta gentillesse et ton savoir faire sont vraiment exceptionnels. Tu resteras un modèle !

Au Docteur Gaël KERSCHBAUMER, pour ton savoir faire avec calme et sérénité et ces documentaires sur le saumon irlandais. Ne change rien !

Aux Docteurs Lydie BOYOUND GARNIER et Aurélien ROUDET, même si nous n'avons pas travaillé ensemble, pour avoir échangé tout le long de mon étude et avoir contribué au recrutement des patients.

Au Docteur Benoit MARQUES, pour ce semestre de pédiatrie où tu as clairement fait comprendre à tout le monde que les doigts portes n'étaient pas pour toi ☺.

Au Docteur Ahmad EID, pour cet enseignement que vous m'avez apporté et je suis sûr que j'en apprendrai encore beaucoup auprès de vous. Merci pour votre calme et votre disponibilité sans faille. Vous êtes une vraie référence. Nous continuerons encore d'échanger je l'espère.

Au Docteur Emeline BOURGEOIS, pour toutes ces petites attentions que tu as pu nous faire (aussi bien en bonbons qu'en ouvrages). Merci pour ta bonne humeur. Je ne sais toujours pas faire la roue... il faudra que tu reprennes le temps de me montrer ça au bloc ☺.

Au Docteur Loïc SIGWALT, pour ta gentillesse et nos échanges sur le Canada. Tu as de véritables qualités humaines. Ne change rien.

Au Docteur Gabriel LATEUR, pour ta connaissance impressionnante et ta rigueur. Nous nous revoyons vite et j'aurai plaisir à travailler avec toi.

Au Docteur Pierre GROBOST, pour ces bons moments passés, cette bonne humeur et ton système digestif, merci !

### **Aux différentes équipes chirurgicales**

**Service de chirurgie orthopédique d'Annecy**, merci à tous pour ce premier semestre dans la vraie vie, les gardes, le matériel orthopédique, les responsabilités mais aussi cette bonne ambiance et ces sorties skis dont la vallée blanche.

**Service de chirurgie vasculaire de Chambéry**, merci pour votre accueil, votre indulgence et cette approche « sanguine » de la chirurgie. Vous sauvez des vies... au moins en début de semaine. Hélène #amputator, j'attends toujours l'apéro que tu m'as vendu. Nathalie merci d'avoir été si disponible et Mr Loury, votre enseignement et votre polyvalence m'ont vraiment étonné et impressionné. Bonne continuation.

## **Service de chirurgie de la main**

Au Docteur Denis CORCELLA, cher voisin, j'attends encore vos sms et un apéro dans votre jardin. Merci pour cet enseignement de la paluche, qu'on pourrait dire plus « microscopique »...même si la pince Monseigneur fait défaut dans vos boîtes... A lundi.

Au Docteur Alexandra FORLI, pour ta disponibilité, ton écoute et ta gentillesse. Promis je t'enverrai des escarres... j'ai eu ma dose ☺. La prochaine plaie de main, je colle !

Au Docteur Michael BOUYER, pour cette râlerie de niveau professionnel, et ta connaissance vraiment impressionnante. FaceApp et ton vélo électrique ont vraiment égayé le semestre.

Au Docteur Marion ARIBERT, pour ta sympathie de tous les jours, les points au 9/0 sous micro et ces petites attention pour Faustine ! Au plaisir de te voir « waker » au lac de Tencin.

## **Services de chirurgie d'ici et là**

Au Docteur Riad KHOURY, merci pour votre approche traumatologique et ces bons moments au bloc. Ces 2 semaines ont été vraiment riches et je reviendrai avec plaisir sur BSM. Promis je prendrais soin de votre fils s'il suit votre voie.

Au Docteurs Julie HENNER, Gilles ESTOUR et Alban PINAROLI, merci pour votre accueil et vos conseils. J'apprécie vraiment de venir vous voir.

Aux Docteurs Germain DUMONT et Seta RATSIMBAZAFY, votre disponibilité et vos conseils sont précieux dans ces moments de remplacement où tout peut arriver. Merci pour ces échanges et votre gentillesse.

## **Et les infirmières et équipes médicales... et sans vous, nous n'en serions pas là !**

*Equipes de Sud*, au bloc et dans les services, vous êtes solidaires, accueillantes et on se sent comme à la maison ! C'est pourquoi, attention je reviendrai. Merci à toutes et tous.

Mention particulière au bloc pour Marion et Amélie : vous repasserez dans le bac !

*Equipes de Nord*, au bloc, ça roule, c'est le Bronx mais ça se passe et la bonne humeur est toujours de la partie. Continuez comme cela. Dans les services, vous vous adaptez, vous attendez la contre visite qui vient toujours, plus ou moins tard, avec plus ou moins de nonchalance. Vous faites un excellent travail.

*Equipes de Péd*...que dire sinon que le gouter est toujours prêt, la salle de pause accueillante et plein de rires... je n'aurai pas pu trouver de meilleure transition que de passer chez vous en cette fin d'internat. Attention, je n'ai pas l'intention de changer...planquez le chocolat !

Aux secrétaires, notamment Annie, Valérie et Béatrice. Vous faites un travail formidable et votre disponibilité est vraiment remarquable. Merci à vous toutes.

## **A mes co-internes orthopédistes**

A Benoit VIBERT, l'interniste caché sous l'orthopédiste. Ce fut un plaisir de travailler avec toi, avec ton humour bien placé et ces visites animées de ponctions lombaires, de test au synathène et de syndrome malin aux neuroleptiques. Merci pour ces 5 années. Tu seras un excellent chirurgien.

A Clémentine CORBET, Mandarine Sorbet, la fille (si si) de notre promo. Bien déterminée, merci pour ton implication auprès des jeunes. Une mention particulière à la serrure de ton appart...

A Nicolas BREMOND, pour les Bremondades du quotidien et ta bonne humeur !

A Gabriel RAYBAUD, pour ces 6 mois où je t'ai soulé avec la RCZ que je voulais, que finalement tu as acheté et pour cette bonne ambiance que tu rapportes. A bientôt.

A Thibaut FORTANE, le Grimpeur ! Nous avons été au sommet, au 7<sup>e</sup> et nous avons passé un très bon semestre. Poursuis la voie.

A Guillaume CAVALIE, elle est pas mal la miss ou encore garde la pêche...

A Benoit GAULIN, La Gaule, tu as d'excellentes qualités humaines que je me ferai plaisir d'exploiter mais alors pour la danse... laisse ça aux autres.

Antonin BENTEJAC ou Benjamin Antejac, continue tel quel. Nous aurons plaisir à parler de bricolage et aménagement maison.

Jean Charles, Camille, Clément, Florent, Lilia, Maxime, Thibaut, Fanny, Guillaume, Laura, Valentin, ... Nous nous sommes tous croisés. Continuez, cela vaut le coup... c'est mieux que l'anesthésie ☺.

A Rémi DI FRANCIA, le meilleur d'entre nous, la célébrité des internes, « bref j'suis interne d'ortho ». C'est sûrement mon meilleur semestre passé à tes cotés au 4e. Pas prise de tête, adepte du kouign-amann, j'ai trouvé en toi un ami plus qu'un co-interne. Merci pour tout cela. Nous nous reverrons bientôt, quand il fera beau en Bretagne ☺.

Venchouchou, Jess, Martin, Goupillon, Léon, Thomas, Nico and co, nous avons passé d'excellents moments notamment pendant ce premier semestre à Annecy. Nos soirées sont inoubliables !

Marie BRIERE, la marseillaise venue seule repartant accompagnée. Merci pour ton dynamisme et ta bonne humeur. Profitez bien du soleil.

CTV, Léo, Isaline. Vous m'avez accompagné dans cet apprentissage de la paluche et je vous en remercie. Nous avons passé un très bon semestre. Heureusement qu'il y aura des personnes compétentes pour savoir faire des lambeaux, des plexus et réparer des nerfs et artères. Ca ne vaut pas un bon gros nœud au fil de 2 mais bon... bonne continuation.

### **Aux amis de médecine et d'ailleurs**

Ah les amis, les meilleurs moments... Concevoir ces études sans vous n'aurait pas pu être réalisable. Merci à tous.

A mes amis d'enfance, toujours présents :

Thibault (et Gwladys), toujours disponible (normal tu es prof ☺) et à l'écoute, merci d'avoir été là dans les bons et les mauvais moments. Je t'ai souvent dépeint notre monde médical. Vient y faire un tour quand tu veux...et j'attends toujours de voir un de tes cours...après l'impro.

Louis (et Marie et Arthur), tu m'as converti au vidéopro mais pas encore à la VR. Il faudra qu'on essaye ça encore. J'ai bien pensé à toi dans la conception du diaporama de cette thèse mais je ne pense pas qu'il soit de ton niveau... il faut dire que je ne suis pas un spécialiste en bulle de savon...

Thibaut (et Solène et Rose), nos échappatoires à parler mécanique et nos petits moments passés au bord du lac de Neuch sont d'excellent moments passés ensemble. Ca ne vaudra

pour rien au monde votre retour d'Australie. Quelle tête ! Vous êtes à la fois si proches et si loin. A très vite. Il faut se voir plus souvent.

Alex, Alex Alex (et Valou, Agathe, Robin). Notre intellectuel... tu nous distances à vol d'oiseau ☺. Il s'en est passé... Kyle XY en P2, ça remonte ! Tu as une excellente capacité d'écoute et j'ai toujours énormément de plaisir à converser avec toi. A très vite pour échanger sur nos créations.

Eric (et Anne), le voyageur financier...tu es loin mais nous savons que tu reviendras. On perd nos cheveux en même temps (enfin toi avec 4 jours d'avance...) j'ai hâte de te revoir. Essaie de revenir avant d'être chauve ! Merci mon ami, tu nous manques.

**A La bande de BG**

Mathieu, Manue, Romain, Virginie, Pluch, Juju, Arnaud. Nos soirées animées à prendre l'apéro, critiquer le CHU, reprendre l'apéro, refaire un CHU meilleur, échanger, discuter sont autant de bons moments qui m'ont permis d'avancer. Merci à vous tous pour ces excellents moments. Vous êtes des amis formidables.

Fafa et Piep... peu de temps pour construire une amitié durable. Dire que d'infirmière dans le service, à voisine de pallier, de voisin tencinois à futur Pierrois, on était fait pour s'entendre ! Cela nous promet de longs apéros pas loin du BBQ, à discuter voiture et modélisme. Je valide. Très sincèrement, merci à vous.

A toi que je n'ai pas cité, merci

Aux différents labo, merci d'être là, de nous proposer des formations, d'être disponible et d'avoir du matériel qui fait l'attrait de notre spécialité.

A Alexandra Elbakyan, pour l'ingéniosité dont tu as fais preuve dans le développement de Sci-Hub. Tu m'as énormément aidé et facilité dans l'élaboration de ce travail et des autres. Pourvu que cet accès persiste. Merci

**A ma famille**

Ma femme, Bérangère, tu as toujours été là, depuis le début de ces études et même avant... nous avons vu et vécu cela ensemble, dans les bons et les mauvais moments. Je te suis sincèrement reconnaissant des efforts, de l'écoute, de la patience, que tu as su développer à mes cotés pendant ces longues études. Ce n'est que le commencement et nous avons encore de longues et belles journées à nous raconter, ensemble, complices. Merci

A ma fille, Faustine, qui est bien trop petite pour lire ces mots mais peut être, un jour, tu trouveras un exemplaire de cette thèse et tu pourras lire ceci : tu as profondément changé ma vie. Te voir grandir et t'éveiller me comble de bonheur. Cela vaut cent fois tous nos livres de médecine réunis. Si petite alors que tu prends tellement de place dans ma vie. Ton papa t'aime !

A mes parents. Merci pour votre soutien de tous les jours, vos encouragements, nos échanges et surtout tout le reste. Il n'y a pas que la médecine. Papa tu m'as quand même insufflé l'envie de faire ce beau métier, sans cancéro par contre. Peut être depuis le temps où j'allais jouer sur

ton ordinateur en attendant que tu finisses ta visite du samedi matin... qui sait. Maman, tu m'as toujours encouragé à aller de l'avant, tu m'as poussé à voir le meilleur de chacun. Vous avez fait de moi l'homme que je suis et je vous en remercie sincèrement.

A Xavier, Martin et Flo, heureusement que vous êtes là, la famille est toujours si belle avec vous tous. Pas besoin de s'étendre, vous le savez ! Enjoy !

A ma belle famille, Brigitte, Philippe, Julie, Arnaud, Maxence, Robin, Sophie, Adrien, Antonin, Gabriel, baby girl, Florent et Océane, merci pour tous ces bons moments que nous avons partagés. Merci pour la réunion, Cézé, et le Canada. Ma thèse devrait clôturer les thèses de la famille avant que la prochaine génération ne prenne peut être le relais. Nous allons profiter de ce laps de temps. Bientôt autour de Momo et un bon BBQ

A mes grands parents, parce que j'en suis fier.



#### 4. Résumé

**Introduction** : L'enclouage centromédullaire est la méthode privilégiée de fixation des fractures de la diaphyse fémorale. Un des aléas de cette technique est la consolidation en cal vicieux du fémur dans les 3 plans de l'espace (transversal, frontal et sagittal).

L'objectif de ce travail est d'évaluer la quantification des cals vicieux diaphysaires fémoraux, opérés par enclouage centromédullaire antérograde à l'aide de la stéréoradiographie basse dose (EOS). Nous avons fait l'hypothèse que notre technique chirurgicale rapportait un taux de troubles de rotation radiologiques équivalent à ceux de la littérature.

**Matériel et méthode** : Nous avons mené une étude prospective, continue, monocentrique entre le premier janvier 2014 et le 31 décembre 2016, sur des patients de plus de 15 ans, présentant une fracture unilatérale de la diaphyse fémorale traitée par enclouage antérograde. Le critère de jugement principal était l'évaluation d'un trouble de rotation dans le plan transversal supérieur ou égal à 15° par rapport au coté controlatéral, mesuré par EOS.

**Résultats** : Quarante huit patients ont été évalués, 12 femmes (25%) et 36 hommes (75%) de 31,4 ans [15,4; 72,4] en moyenne, à 9,2 ± 5,1 mois post opératoire. Un trouble de rotation stéréoradiographique était retrouvé chez 29,2% des patients. L'antéversion moyenne était de 18,5 ± 13,8 degrés. Six pourcents des patients présentaient un trouble de rotation symptomatique ayant nécessité une reprise chirurgicale. Aucune corrélation entre un trouble de rotation dans le plan transversal et les scores fonctionnels (SF12 et Harris) n'est retrouvée ( $P>0,05$ ). Les facteurs de risques de survenue d'un trouble de rotation étaient les fractures multi-sites ( $P=0,04$ ), la faible expérience du chirurgien ( $P=0,04$ ), l'abord du foyer de fracture ( $P=0,01$ ).

**Conclusion** : Notre étude rapporte une importante prévalence de troubles de rotation. La méthode stéréographique EOS permet d'évaluer de manière fine les troubles de rotation séquellaire du traitement des fractures de la diaphyse fémorale par enclouage à foyer fermé. Une évaluation clinique et radiographique per opératoire, bilatérale et comparative semble indispensable pour une meilleure reproductibilité de la version fémorale native, notamment pour dépister précocement les patients hyper ou rétroversés.

**Mots clés** : fracture diaphyse fémorale, enclouage, EOS, cal vicieux, torsion fémorale, trouble de rotation

## 5. Introduction

L'enclouage centromédullaire est la méthode privilégiée de fixation des fractures de la diaphyse fémorale. Elle a été décrite par G. Küntscher en 1940 [1]. Actuellement, la technique chirurgicale la plus utilisée repose sur l'enclouage à foyer fermé sous contrôle scopique, sur table orthopédique, verrouillé aux 2 extrémités. Le contrôle de la réduction est indirect. Un des aléas de cette technique est la consolidation en position vicieuse dans les 3 plans de l'espace (transversal, frontal et sagittal). La déformation la plus fréquente est le trouble de rotation dans le plan transversal dont l'incidence est estimée à 20 à 30% des cas [2–5]. A ce jour, la quantification de ces cals vicieux diaphysaires est effectuée avec précision par la tomodensitométrie [2,6].

L'objectif de ce travail était d'utiliser la stéréoradiographie EOS pour quantifier les cals vicieux diaphysaires fémoraux, opérés par enclouage centromédullaire antérograde à foyer fermé. Le critère de jugement principal était l'existence d'un trouble de rotation dans le plan transversal. Nous avons évalué la pertinence de l'examen clinique et la corrélation fonctionnelle de ces déformations. Les facteurs de risques de survenue d'une fixation en cal vicieux ont été recherchés. Nous avons fait l'hypothèse que nous avions un taux de troubles de rotation axial dans le plan transversal équivalent à celui de la littérature.

## **6. Matériel et méthode**

### *6.1. Population*

Nous avons inclus de manière prospective, continue, les patients pris en charge au CHU Grenoble Alpes entre le 01/01/2014 et le 31/12/2016.

Les critères d'inclusion étaient : les fractures de la diaphyse fémorale traitées par enclouage antérograde, les patients âgés de plus de 15 ans (avec accord parental pour les mineurs), les fractures unilatérales, l'engagement du patient à effectuer le suivi post-opératoire dans notre centre.

Les critères d'exclusion étaient : l'absence de consentement du patient à participer à l'étude, le suivi impossible dans notre centre, les fractures diaphysaires traitées avec un autre dispositif que l'enclouage exclusivement diaphysaire, les fractures articulaires du fémur, les genoux flottants et les fractures fémorales bilatérales.

Tous les patients ont bénéficié d'une information post-opératoire claire sur le suivi, les examens complémentaires et l'exploitation des données anonymement à des fins de recherche clinique. Tous les patients inclus ont donné leur consentement.

L'étude a reçu l'accord du CIC-IT, du comité d'éthique Rhône-Alpes Auvergne en date du 10/9/2015 sous le nom FEOS et de la CNIL (référence CNIL 1895493v0). Les analyses statistiques ont été réalisées au Centre d'Innovation Technologique du Département de Méthodologie et d'Information en Santé du CHU de Grenoble.

## *6.2. Technique opératoire*

Tous les patients étaient installés sur table orthopédique avec appui pubien et traction du pied dans un sabot. Nous avons implanté pour tous les patients un clou béquillé anatomique, verrouillé, en Titane (T2, STRYKER, Pusignan, France).

Le contrôle de l'antéversion du col fémoral était réalisé par l'appréciation relative, dans le plan transversal, de l'angle entre l'axe du col fémoral proximal et le plan bicondylien postérieur distal selon la méthode décrite par Bråten et al [7]. L'amplificateur de brillance situait l'antéversion du col fémoral par rapport au sol après réduction de la fracture. Le profil strict de genou, avec la superposition des 2 condyles, situait le plan bicondylien et donc l'axe transversal du genou par rapport au sol. La soustraction des 2 axes permettait d'obtenir l'antéversion du col fémoral. L'angle recherché était de 15 à 20°.

Le contrôle du varus-valgus (plan frontal) et du recurvatum-flessum (plan sagittal) était obtenu par alignement des fragments selon le principe de l'enclouage. Le point d'entrée était situé au sommet du grand trochanter. Le guide d'alésage était placé au centre des condyles, de face et de profil. La restauration de la longueur était contrôlée par la temporisation du réalignement des fragments.

Après alésage et introduction du matériel d'ostéosynthèse, un verrouillage statique était effectué en proximal tandis qu'un verrouillage dynamique à main levée était réalisé dans la partie distale du clou. Le réglage de l'antéversion selon Bråten était effectué avant le verrouillage distal.

## *6.3. Evaluation*

L'évaluation clinique ne différait pas du suivi classique des patients opérés dans notre centre. Au 45<sup>e</sup> jour post opératoire, ils revoyaient leur chirurgien en consultation pour décision de remise en charge avec une radiographie simple du fémur en entier de face et de profil. A 3 mois, ils consultaient à nouveau leur chirurgien avec une stéréoradiographie du fémur en entier. Autour du 6<sup>e</sup> mois, une synthèse clinique et radiologique de tous les patients était

réalisée par un évaluateur indépendant. Le suivi clinique était assuré jusqu'à l'ablation du matériel autour de 2 ans.

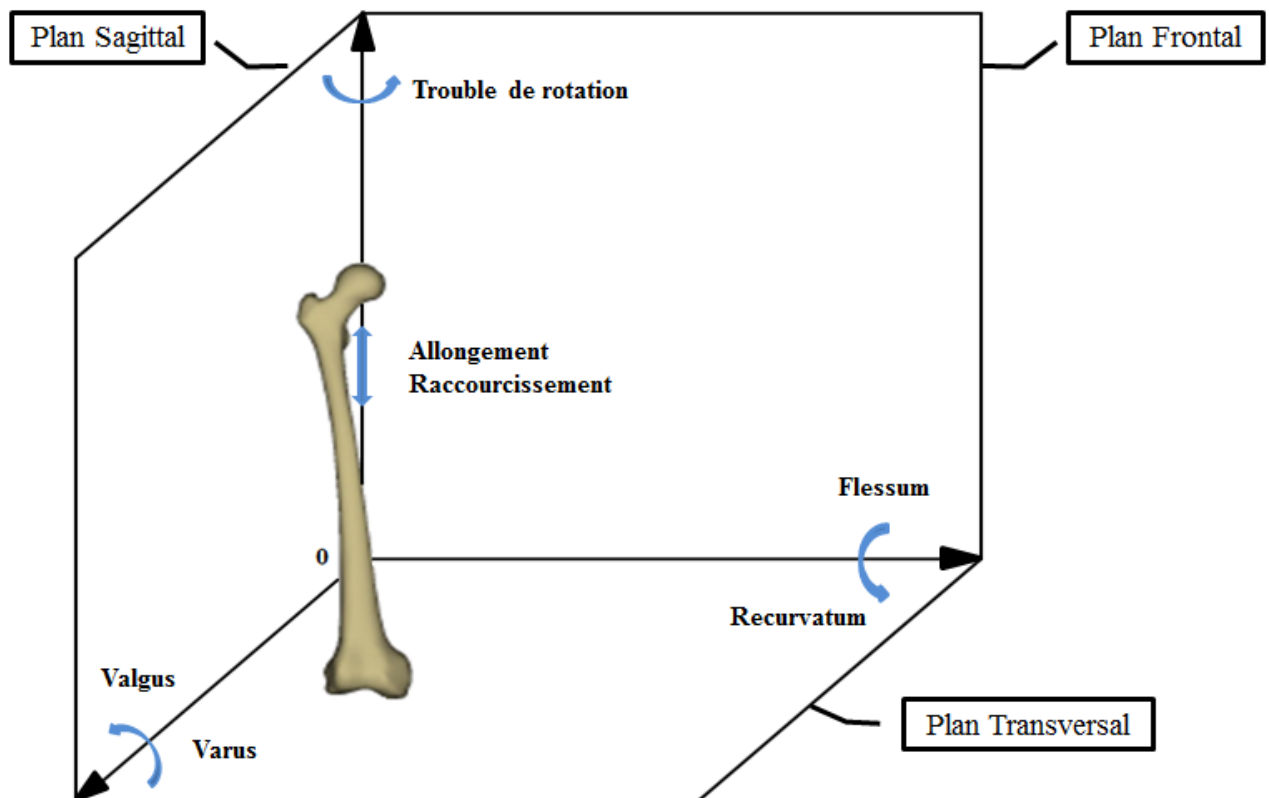
Les éléments colligés lors de la synthèse clinique et radiologique étaient :

- Les caractéristiques épidémiologiques du patient et de l'accident
- Type de fracture diaphysaire du fémur : fracture ouverte ou fermée, latéralité de la fracture, type de trait de fracture, niveau de la fracture (1/3 proximal, 1/3 moyen, 1/3 distal)
- Condition de la chirurgie : urgente ou différée à plus de 48h
- Expérience de l'opérateur : sénior (plus de 2 ans d'exercice après la thèse de doctorat d'état) ou junior (moins de 2 ans d'exercice)
- Horaire de la chirurgie : journée 8h-18h ou 18h-8h (garde)
- Le contrôle radiologique du fémur post opératoire immédiat (varus/valgus, flectum/recurvatum)
- l'échelle visuelle analogique (EVA) au moment de l'examen
- la persistance d'un arrêt de travail et le délai de reprise du sport
- l'évaluation clinique de la hanche homolatérale par le score fonctionnel de Harris, les manœuvres de testing du conflit fémoro-acétabulaire FABER (flexion, abduction, rotation externe de hanche) et FADIR (flexion, adduction, rotation interne de hanche), l'évaluation clinique de l'antéversion fémorale par la palpation du grand trochanter et l'évaluation des amplitudes, flexion, extension, abduction, adduction, rotation externe et interne.
- Evaluation clinique du genou : flexion, extension, douleurs méniscales internes et externes, morphotype en varus/valgus, présence d'un syndrome rotulien
- Mesure d'une inégalité de longueur des membres inférieurs (ILMI) et des douleurs de cheville au niveau des ligaments collatéraux internes et externes
- Présence ou absence de lombalgie post opératoire

L'évaluation radiologique était effectuée sur une stéréoradiographie EOS (EOS Imaging, Paris, France) [8–10]. Dans ce système, deux faisceaux perpendiculaires de rayons X sont montés sur un bras mobile qui bouge verticalement. Le patient est debout ou assis dans une cabine de balayage. La totalité ou une partie du corps est balayée pour produire simultanément des projections dans deux plans perpendiculaires (seul un pangonogramme des membres inférieurs est étudié dans cette étude). Le logiciel dédié (sterEOS version 1.6.4, EOS Imaging, Paris, France) a été utilisé pour générer les modèles de fémurs, tibias, fibula produisant ainsi un modèle 3D du squelette des membres inférieurs du patient. De ce modèle, le logiciel produit automatiquement un ensemble de paramètres 3D des membres inférieurs dont la torsion fémorale [11,12] : antéversion fémorale en degrés par rapport au plan bicondylien postérieur, ILMI, valgus/varus, flessum/recurvatum.

Six possibilités de déformation étaient évaluées dans les 3 axes de l'espace (Figure 1).

**Figure 1 Troubles d'axes fémoral**



Selon l'axe antéro-postérieur, un trouble de rotation en varus était retenu pour un axe Hip-Knee-Ankle (HKA) inférieur à  $177^\circ$  et un valgus par un HKA supérieur à  $183^\circ$  [13–15]. Nous avons considéré qu'il n'y avait pas de translation antéro-postérieure du fait du concept de l'enclouage centromédullaire.

Selon l'axe médio-latéral, un trouble de rotation dans le foyer de fracture était recherché en analysant le flectum ou le recurvatum compensatoire dans l'articulation du genou. L'alignement normal était défini par l'angle entre l'axe fémoral (centre tête fémorale - centre genou) et l'axe du tibia (centre genou - centre cheville) entre  $177^\circ$  et  $183^\circ$ . Si l'angle était supérieur à  $183^\circ$ , il existait un recurvatum du genou compensateur du cal vicieux en flectum. Si l'angle était inférieur à  $177^\circ$ , il s'agissait d'un flectum de genou compensateur d'un cal vicieux en recurvatum. Nous avons considéré qu'il n'y avait pas de translation médio-latérale du fait du concept de l'enclouage centromédullaire.

Selon l'axe longitudinal diaphysaire, un trouble de rotation axiale peut être perçu par le patient pour une différence de plus ou moins  $15^\circ$  comparativement au côté sain [2,16]. Nous avons retenu une différence de rotation axiale positive ( $\geq 15^\circ$ ) ou négative ( $\leq 15^\circ$ ) entre le côté opéré et le côté sain pour définir l'existence d'un trouble de rotation selon l'axe longitudinal ( $\Delta R$ ). Nous avons également analysé la rotation axiale ( $< 0^\circ$  ou  $> 0^\circ$ ) en prenant comme référence zéro la cible chirurgicale d'antéversion de  $15^\circ \pm 5^\circ$  recherchée par l'opérateur ( $\Delta C$ ). L'inégalité de longueur des membres inférieurs (ILMI) était mesurée et la différence calculée négativement pour le raccourcissement comparativement au côté sain.

L'évaluation clinique était réalisée par un seul observateur indépendant, différent de l'opérateur. L'interprétation stéréoradiographique était validée par un seul radiologue

indépendant et expérimenté en imagerie ostéo-articulaire. Le trouble de rotation était évalué à distance de l'épisode fracturaire, lorsque le patient était capable de réaliser l'examen debout.

#### *6.4. Analyse statistique*

Dans le cadre de cette étude, le nombre de sujets à inclure au minimum était de 30 sujets de manière à satisfaire aux conditions de normalité communément retenues dans la littérature pour le choix de notre critère de jugement principal.

L'ensemble des résultats a été analysé par les logiciels statistiques Stata 14.2 et R version 3.4.1. De manière usuelle, le risque d'erreur  $\alpha$  de première espèce était fixé à 5%. La normalité des paramètres quantitatifs a été déterminée par le test de Shapiro-Wilks. Lorsque les caractéristiques cliniques des patients étaient des variables quantitatives, les corrélations ont été évaluées à l'aide du coefficient de corrélation (Rho) de Pearson ou de Spearman selon la normalité des paramètres étudiés. Lorsque les caractéristiques cliniques des patients étaient des variables qualitatives à 2 modalités, des tests de comparaison de moyenne étaient mis en œuvre. Pour cela, le test de Student ou le test non paramétrique de Mann-Whitney-Wilcoxon était utilisé. Lorsque les caractéristiques cliniques des patients étaient des variables qualitatives à plus de 2 modalités, une ANOVA ou le test non paramétrique de Kruskal-Wallis étaient mis en œuvre.

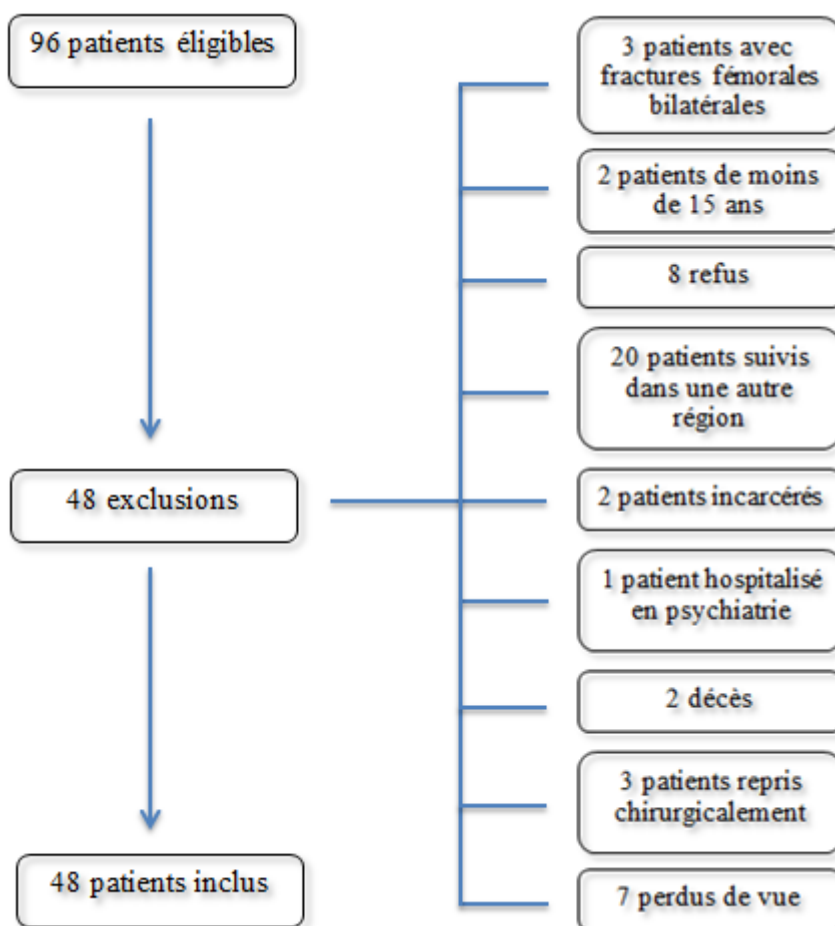


## 7. Résultats

Pendant la période d'inclusion, 96 patients présentant une fracture diaphysaire du fémur ont bénéficié d'un enclouage centro-médullaire antérograde dans notre centre.

Le processus d'inclusion des patients est résumé dans le flow chart de la Figure 2. Trois patients ont été repris chirurgicalement. Les indications de reprise étaient : 1 amputation et 2 reprises chirurgicales précoces pour trouble majeur de rotation axiale. Nous avons exclu ces patients du fait de l'absence de données stéréoradiographiques avant la reprise.

**Figure 2** Flow chart de la sélection de patients



Quarante huit patients ont été inclus, 12 femmes (25%) et 36 hommes (75%). L'âge moyen était de 31,4ans  $\pm$  14,8 [15,4 ; 72,4]. L'IMC moyen était de 23,6kg/m<sup>2</sup>  $\pm$  3,2 [15,9; 31,8)]. Les caractéristiques de la fracture et de la chirurgie sont résumées dans le Tableau 1. L'évaluation clinique était effectuée en moyenne à 9,2mois  $\pm$  5,1 [2,7 ; 23,2] post opératoire.

**Tableau 1 Caractéristiques de la fracture et de la chirurgie**

<i>Caractéristiques</i>	<i>Population, n (%)</i>
	(N=48)
<b>Type d'accident</b>	
- accident de la voie publique	28 (58,3)
- accident de sport	12 (25)
- autres	8 (16,7)
<b>Chirurgie d'urgence</b>	
- Non	6 (12,5)
- oui	42 (87,5)
<b>Expérience du chirurgien</b>	
- junior	28 (58,3)
- sénior	20 (41,7)
<b>Fracture ouverte</b>	
- non	39 (81,2)
- oui	9 (18,8)
<b>Coté</b>	
- droit	17 (35,4)
- gauche	31 (64,6)
<b>Type</b>	
- unifocale	38 (79,2)
- bifocale	7 (14,6)
- multifocale	3 (6,2)
<b>Forme</b>	
- spiroïde courte	7 (14,6)
- spiroïde longue	7 (14,6)
- transversale	34 (70,8)
<b>Localisation diaphysaire</b>	
- proximale	7 (14,6)
- moyenne	39 (81,2)
- distale	2 (4,2)
<b>lésion ostéo-ligamentaire isolée</b>	
- non	15 (31,2)
- oui	33 (68,8)
<b>polyfracturé</b>	
- non	29 (60,4)
- oui	19 (39,6)
<b>Abord du foyer de fracture</b>	
- non	44 (91,7)
- oui	4 (8,3)

L'ensemble des résultats cliniques est résumé dans le Tableau 2.

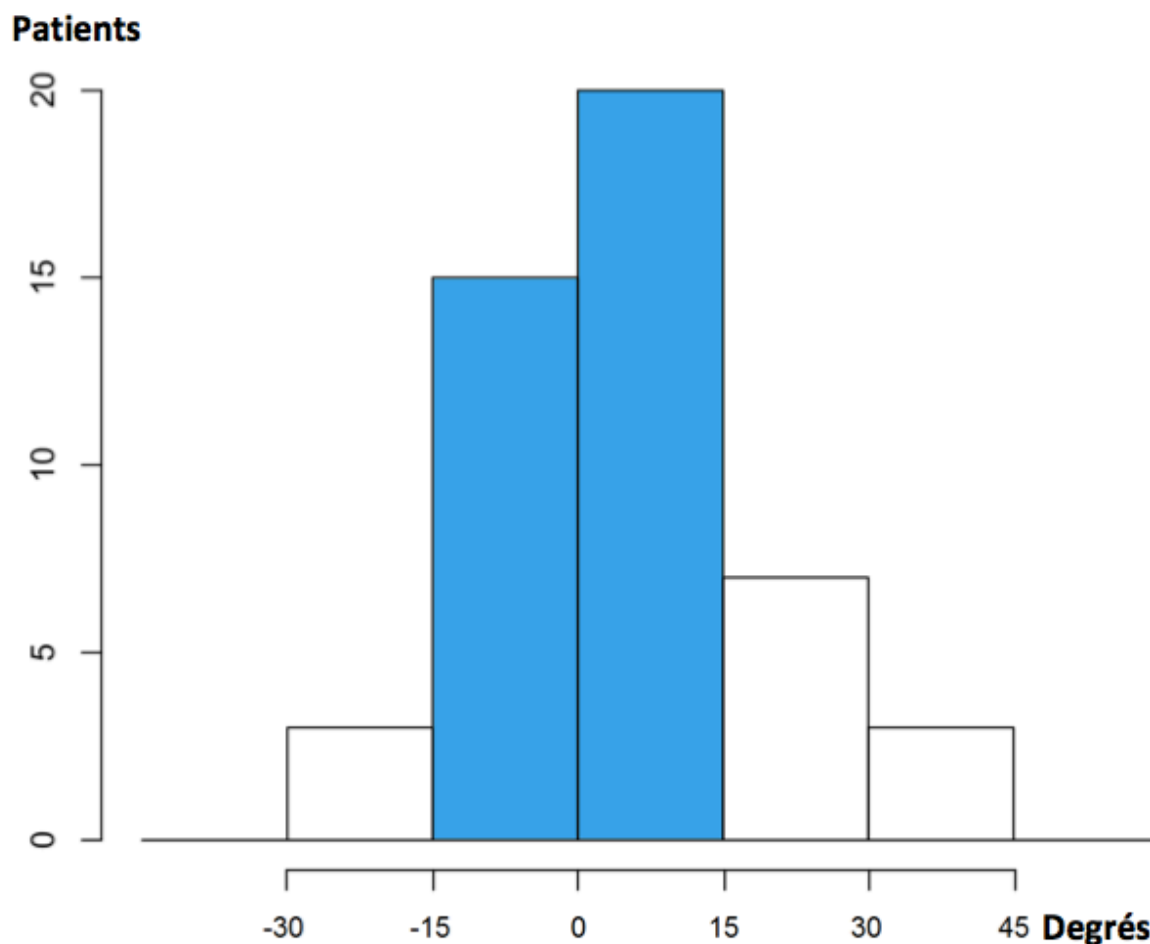
**Tableau 2 Résultats cliniques**

<i>Caractéristiques cliniques</i>	<i>N=48 (minimum - maximum)</i>
<b>Antéversion fémorale</b>	10,6 ± 10,2° (0 - 50)
<b>Scores</b>	
- SF12 (sur 10 points)	7,2 ± 1,7 (3 - 10)
- Harris (sur 100 points)	85 ± 17,5 (36 - 100)
<b>Mobilités de hanche membre pathologique</b>	
- flexion	122,7 ± 15,9°
- extension	-15,8 ± 8,9°
- abduction	44,9 ± 6,2°
- adduction	25,1 ± 11,1°
- rotation externe	50,9 ± 19,3°
- rotation interne	32,0 ± 15,2°
- douleur FABER	6 (12,5%)
- douleur FADIR	8 (16,7%)
<b>Mobilités de genou membre pathologique</b>	
- flexion	143,6 ± 14,1°
- extension	-1,1 ± 3,1°
<b>Douleurs méniscales</b>	
- interne	6 (12,5%)
- externe	6 (12,5%)
<b>Extension du genou</b>	
- flectum (≥ 5°)	1 (2,1%)
- recurvatum (-5 à -15°)	14 (29,2%)
<b>Trouble dans le plan frontal</b>	
- normoaxés	21 (43,8%)
- varus	21 (43,8%)
- valgus	6 (12,5%)
<b>Inégalité de longueur des membres inférieurs</b>	
- isolongs	20 (41,7%)
- raccourcissements	5 (10,4%)
✓ moyenne	-8 ± 6,7mm
✓ maximum	-20 mm
- allongements	23 (47,9%)
✓ moyenne	10,4 ± 4,9mm
✓ maximum	20 mm
<b>Syndrome douloureux rotulien</b>	1 (2,1%)

Au terme de l'étude, 5 patients (10,4%) avaient repris une activité sportive à 3 mois, 12 (25%) entre 3 et 6 mois, 9 (18,8%) entre 6 et 9 mois et 22 (45,9%) n'avaient pas repris de sport. Aucun n'avait repris la compétition.

Un trouble de rotation ( $\Delta R$ ) était retrouvé chez 14 patients de notre série soit 29,2%. Onze patients avaient un  $\Delta R$  positif; moyenne  $27,0^\circ \pm 9,1$  [15 ; 44]. Trois patients avaient un  $\Delta R$  négatif; moyenne  $-23,1^\circ \pm 2,1$  [-22 ; -26] (Figure 3).

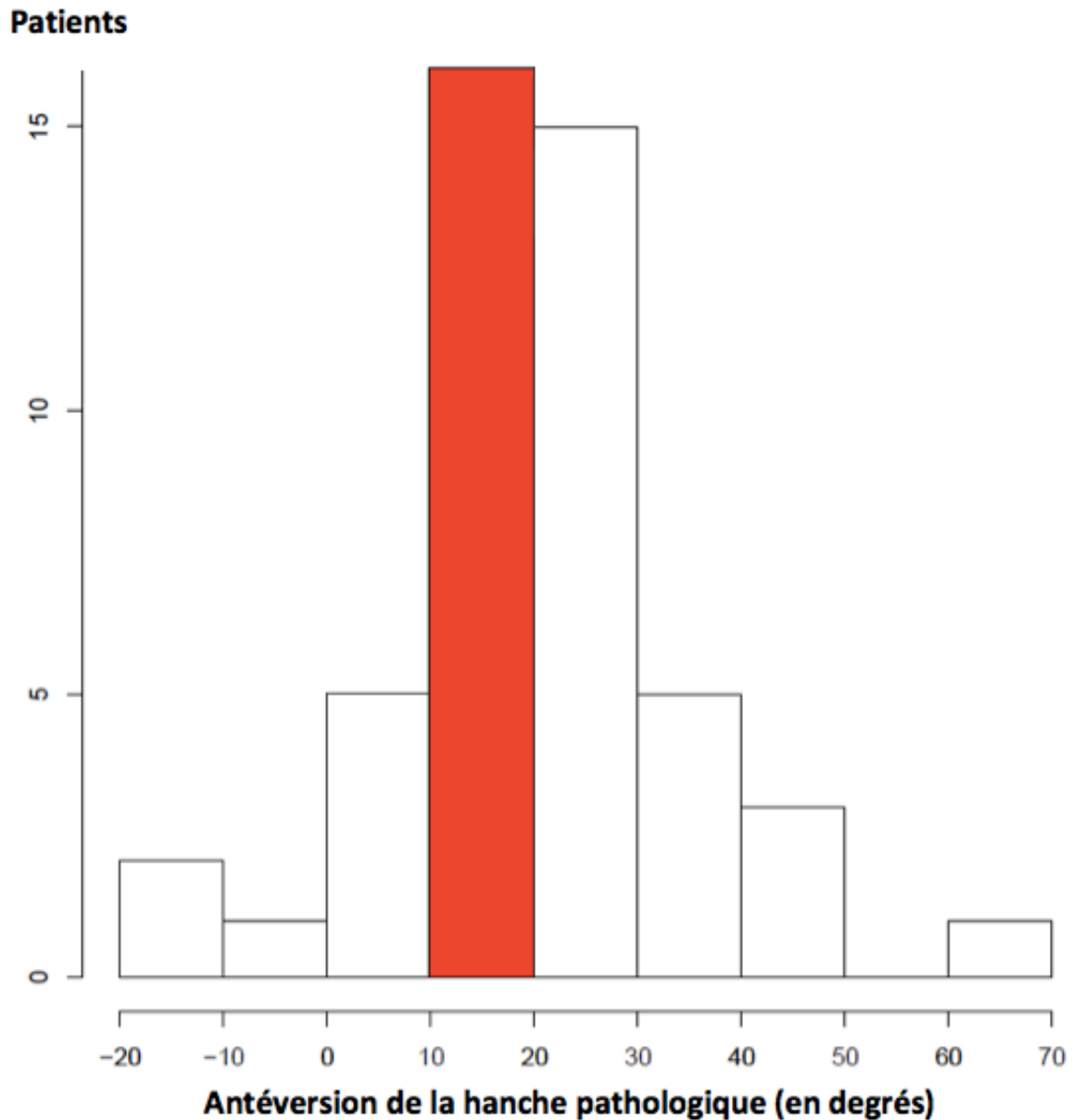
**Figure 3 Répartition des troubles de rotation par rapport au côté sain ( $\Delta R$ ). La rotation du côté sain est notée  $0^\circ$**



La cible chirurgicale ( $\Delta C$ ) n'était pas atteinte pour 32 patients, soit 67%. L'antéversion moyenne du côté pathologique était de  $18,5^\circ \pm 13,8$  [-17 ; 63]. Vingt-quatre patients avaient

un  $\Delta C$  positif; moyenne  $29,3^\circ \pm 8,0$  [21 ; 63]. Huit patients avaient un  $\Delta C$  négatif; moyenne  $-2,6^\circ \pm 8,7$  [-17 ; 6] (figure 4).

**Figure 4 Répartition des rotations axiales par rapport à la cible chirurgicale ( $\Delta C$ ) entre  $10^\circ$  et  $20^\circ$  d'antéversion ( $15^\circ \pm 5^\circ$ ) par rapport au plan bicondylien**



La mesure clinique de l'antéversion fémorale et l'antéversion mesurée par EOS étaient corrélées ( $Rho=0,53$  ;  $P<0,01$ ). La mesure clinique de la rotation interne de hanche et l'antéversion fémorale mesurée par EOS étaient corrélées ( $Rho=0,39$  ;  $P<0,01$ ).

Aucune corrélation n'a été démontrée entre un trouble de rotation (transversal, frontal ou sagittal) et les scores SF12 et Harris ( $P>0,05$ ). Chez les 11 patients avec un  $\Delta R$  positif, le SF12 moyen est à  $7,6 \pm 1,1$  (médiane 8 ; min 6 ; max 9), le score de Harris moyen est de  $90 \pm 8,9$  (médiane 96 ; min 75 ; max 100). Chez les 3 patients avec un  $\Delta R$  négatif, le SF12 moyen est à  $7,3 \pm 0,6$  (médiane 7 ; min 7 ; max 8), le score de Harris moyen est de  $71 \pm 31$  (médiane 80 ; min 36 ; max 96).

Aucun retentissement clinique d'une inégalité de longueur n'était rapporté. Mesuré par EOS, 15 patients (31,2%) sont raccourcis du côté pathologique (max -13 mm) tandis que les 33 autres (68,8%) sont allongés (max +26 mm). Une corrélation est observée entre une ILMI clinique et EOS (Rho 0,57 ;  $P<0,01$ ).

Aucune différence significative n'a été rapportée en post opératoire par EOS pour les rotations dans les plans frontal ( $P=0,22$ ) et sagittal ( $P=0,42$ ) entre le membre pathologique et le membre sain.

Les facteurs de risque de survenue d'un trouble de rotation sont donnés dans le tableau 3 : fracture multi-site, chirurgien junior, abord du foyer de fracture. Aucun facteur de risque d'inégalité de longueur ou de cal vicieux dans les plans frontal et sagittal n'a été retrouvé.

**Tableau 3 Facteurs de risque de trouble de rotation per opératoire**

<i>Facteurs de risque de trouble de rotation</i>	<i>P-value</i>
<b>Type d'accident</b>	
- <b>accident de la voie publique</b>	0,09
- <b>accident de sport</b>	0,31
- <b>autres</b>	0,98
<b>Chirurgie d'urgence</b>	0,10
<b>Expérience du chirurgien</b>	0,04
<b>Fracture ouverte</b>	0,44
<b>Coté</b>	0,39
<b>Type</b>	
- <b>unifocale</b>	0,21
- <b>bifocale</b>	0,57
- <b>multifocale</b>	0,90
<b>Forme</b>	
- <b>spiroïde courte</b>	0,38
- <b>spiroïde longue</b>	0,62
- <b>transversale</b>	0,43
<b>Localisation diaphysaire</b>	0,95
<b>Prise en charge orthopédique multisite</b>	0,04
<b>Abord du foyer de fracture</b>	0,01

Au terme de l'étude, 6 reprises chirurgicales ont été effectuées (12,5%) : 1 patient pour correction d'une inégalité de longueur clinique supérieure à 20mm, 4 patients pour cure de pseudarthrose (à 7, 8, 11 et 13 mois), 1 patient pour une chirurgie de dérotation fémorale à 4 mois. Il a été rapporté 3 cas de tendinite du moyen fessier associée à une bursite. Un patient a présenté des calcifications symptomatiques du moyen fessier. Deux patients présentaient des signes de psöitis causés par une irritation mécanique des chevilles de verrouillage proximal.

## 8. Discussion

Pour les 48 patients de cette cohorte, à 9 mois de recul moyen, un trouble de rotation évalué par EOS supérieur ou égal à  $15^\circ$  comparativement au côté sain, était retrouvé chez 14 patients soit 29,2%. Ce chiffre est concordant avec les valeurs annoncées de la littérature [2,16,4]. L'hypothèse est vérifiée.

### 8.1. Limitations

Nous rapportons comme limites à ce travail l'absence de groupe contrôle et de randomisation ainsi que le nombre important de perdus de vue. Par ailleurs, il pourrait se discuter le choix de l'imagerie EOS comme gold standard. Cette technique d'imagerie, facile d'accès dans notre centre, présente l'intérêt d'être moins invasive pour le patient [8,17] qu'une imagerie tomodensitométrie. Sa limite actuelle réside dans son interprétation et son système d'évaluation [18]. Pour cela, nous avons limité ce biais par une interprétation mono-opérateur réalisée par un radiologue expérimenté d'EOS et de l'imagerie ostéo-articulaire, tandis que le logiciel d'évaluation est en constante évolution et amélioration depuis l'étude réalisée par Knafo et coll. en 2013 [18].

### 8.2. Troubles de rotation

On considère que l'antéversion cervicale naturelle est en moyenne de  $15^\circ$  avec une variation physiologique de 0 à  $30^\circ$ . Une différence de  $10^\circ$  entre le côté droit et gauche est présente de manière physiologique [2,4,19]. Nous avons rapporté  $18,5^\circ$  d'antéversion moyenne post opératoire associée à 29,2% de troubles de rotation. Cette antéversion est proche de la série publiée par Patel [20] où il rapporte  $16^\circ$  d'antéversion post enclouage chez les patients traumatisés balistiques, mais associée à une prévalence moindre de troubles de rotation de 12,3%. Malgré une technique chirurgicale bien conduite et systématisée, cette haute prévalence de trouble de rotation associée à 67% de patients en dehors d'une cible



chirurgicale de  $15 \pm 5^\circ$ , font supposer que la reproductibilité de la méthode utilisée de Bråten et al [7] est faible et reste à améliorer.

Par ailleurs, il y a une tendance à majorer l'antéversion comme le montre 50% des patients antéversés par excès par rapport à la cible chirurgicale. Néanmoins, nous n'avons noté aucune différence significative en terme de scores fonctionnels (SF12 et Harris) que la hanche présente un excès ou un défaut d'antéversion. Il est difficile de donner une éventuelle conduite à tenir sur l'orientation préférentielle de la réduction.

L'évaluation quantitative post-opératoire des troubles de rotation a considérablement changé dans notre pratique courante avec l'arrivée de la stéréoradiographie (EOS). Plusieurs évaluations cliniques [21], échographiques [22], radioscopique [7], d'imagerie par résonance magnétique (IRM) [23] et tomodensitométriques ont évalué la torsion fémorale.

L'évaluation clinique passe par la comparaison clinique de la rotation interne et de la rotation externe du membre par rapport au côté controlatéral et la palpation du sommet du grand trochanter. Nous avons montré une faible corrélation entre la clinique et la confirmation apportée par l'imagerie EOS. On pourrait incriminer une éventuelle ballonnisation du grand trochanter au point d'entrée du matériel rendant plus incertaine la mesure clinique. Néanmoins, quelle que soit la méthode utilisée, cette méthode est peu reproductible [16,24], avec une erreur pouvant approcher les 20 degrés lors de l'examen de la hanche [25,26]. Le mouvement du bassin au cours des mouvements de la hanche en est la première cause [27].

Il est montré une corrélation entre la rotation interne du membre et l'antéversion fémorale. Cliniquement, même si cette corrélation est faible, un excès de rotation interne serait un témoin d'un excès d'antéversion.

Par ailleurs, en prenant en compte qu'il peut y avoir jusqu'à  $30^\circ$  de torsion tibiale externe physiologique [28], il se passe un phénomène d'adaptation du schéma de marche, à la fois au niveau du bassin mais également au niveau du genou, de manière à compenser un cal vicieux rotatoire. Il peut y avoir des conséquences arthrogènes à long terme, au niveau de ces

deux articulations sus et sous jacentes. Une hyperrotation externe compensée par le patient augmentera les contraintes acétabulaires postérieures et femoro-tibiales internes. Ceci favorisera une coxarthrose secondaire et une gonarthrose interne précoce.

De multiples méthodes per opératoires tentent de limiter un trouble de rotation. La méthode du profil du petit trochanter évalue la rotation en fonction de la visualisation du petit trochanter à l'aide de l'amplificateur de brillance. La traction détermine la position neutre de la partie distale de la fracture. Afin d'aligner la fracture, la partie distale du fémur est tournée jusqu'à l'obtention d'un profil radiographique du petit trochanter. Une image radiographique antéro-postérieure montrant un effacement du petit trochanter désigne une rotation interne alors qu'une visualisation saillante du petit trochanter indique une rotation externe proximale du fémur. Sur la base de cette connaissance, la position neutre du fragment proximal de la fracture peut être estimée [29,30]. Il est également possible de mesurer l'épaisseur corticale ou « the cortical sign » [31]. Les 2 fragments, lors de leur réduction doivent voir leur épaisseur corticale se superposer. Dans le cas contraire, cela suppose une malrotation du fragment distal.

D'autres méthodes basées sur la fluoroscopie ont été décrites. Tornetta [6] utilise deux amplificateurs de brillance, l'un avec une image de profil du col du fémur et l'autre avec les condyles postérieurs alignés. La différence d'inclinaison entre les 2 amplificateurs de brillance révèle l'angle d'antéversion du col fémoral à 5° près.

La méthode de référence est l'imagerie tomodensitométrique avec la méthode décrite par Jeanmart et al [32]. Elle détermine l'angle entre la ligne tangentielle passant par le centre du col fémoral et l'axe horizontal passant par la ligne bicondylienne postérieure du fémur distal.

L'intérêt de l'imagerie EOS dans la mesure de la torsion a déjà été démontrée [33,34]. Aucune différence significative n'a été retrouvée dans la mesure de la torsion fémorale entre l'évaluation par tomodensitométrie et par EOS [34] et serait même meilleure selon Morvan et

al.[35]. Elle présente l'avantage d'être au moins 10 fois moins irradiante que les méthodes actuelles. EOS diminue de 18,8 fois la dose pour le pelvis par rapport à la radiographie classique [8]. Par rapport à la tomodensitométrie les doses seraient 24 fois moindre pour les testicules et entre 14 à 30 fois moindre pour le genou et la cheville [36]. Selon nos mesures, sur une dizaine de patients, le PDS (Produit Dose Surface) moyen d'une pangonométrie des deux membres inférieurs varie entre 50 et 88 mGy.cm<sup>2</sup> en fonction des machines utilisées. Le PDS d'un EOS des membres inférieurs est de 17 mGy.cm<sup>2</sup> sur ces mêmes patients. La dose serait 2,9 à 5,2 fois moins importante avec EOS sur les membres inférieurs. Elle permet également d'évaluer la statique pelvienne et rachidienne en charge, pour les patients debout, les deux membres inférieurs en même temps, permettant ainsi d'avoir un référentiel, qui est le coté sain du patient.

La méthode d'enclouage rétrograde a montré des résultats similaires en terme de trouble de rotation ou de résultats fonctionnels que la technique antérograde [37]. Aucune technique de réduction per opératoire n'a actuellement montré de supériorité afin de réduire cette malrotation. Dans les dernières ouvertures sur le sujet, Omar [38] proposait un contrôle en urgence par fixateur externe puis la réalisation d'un scanner de contrôle. Il réalisait alors une réduction virtuelle assistée par ordinateur. De cette manière, lors de la reprise chirurgicale différée, après enclouage, il obtenait un différentiel d'antéversion entre les 2 membres de  $6,1^{\circ} \pm 2,8^{\circ}$  sans trouble de rotation de plus de  $15^{\circ}$  dans leur série. Plus récemment, Ramme [39] a montré sur des sawbones l'intérêt d'un contrôle per opératoire par 3D C-arm afin d'améliorer la reproductibilité per opératoire et la précision chirurgicale. Enfin, Cao [40] aurait montré dans 10 fractures de la diaphyse fémorale, l'intérêt d'une navigation per opératoire, en première intention à l'aide d'un smartphone. Cette étude rapporte de bons résultats cliniques, passant d'une malrotation moyenne de  $21,6^{\circ} \pm 10,1$  en pré opératoire à  $3,2^{\circ} \pm 1,7^{\circ}$  sans différence statistiquement significative ( $P=0,092$ ). Aujourd'hui, la meilleure méthode que nous ayons afin de réduire un trouble de rotation est le même que celui rapporté par Yang il y

a 20 ans [5]. Il est recommandé d'évaluer la mesure de l'antéversion du coté sain du patient de manière à restaurer une antéversion la plus proche possible de l'anatomie de chaque patient.

### *8.3. Critères secondaires*

Les facteurs de risques retrouvés seraient la faible expérience du chirurgien, ce qui peut s'apparenter à une courbe d'apprentissage, et la prise en charge concomitante de plusieurs foyers de fractures sur les patients polytraumatisés. L'abord chirurgical du foyer est également un facteur de risque. Il n'est pas habituel et recommandé d'aborder le foyer fracturaire dans ces prises en charge dites « à foyer fermé ». Nous pouvons émettre l'hypothèse que dans les situations où cela a été réalisé, la réduction par manœuvres externes était difficile voire non réalisable. Sa présence en post opératoire nous informe qu'un abord chirurgical ne prévient pas d'un trouble de rotation. La localisation de la fracture n'est pas un facteur de risque en raison des indications chirurgicales posées. Seules 2 fractures (4%) étaient diaphysaires distales. Dans notre pratique, il est préféré une ostéosynthèse par plaque dans ce type de fracture. Sept fractures (15%) étaient proximales. Lorsque la fracture remontait de manière très proximale, une ostéosynthèse par enclouage centromédullaire associé à un vissage du col était privilégiée. Ceci explique la faible prévalence de ce type de fracture dans cette étude en ouvert. Elles ont été exclues en raison de l'imprécision d'EOS dans l'interprétation et la mesure de la torsion fémorale, due aux artefacts causés par le matériel d'ostéosynthèse, au niveau du col fémoral. Les fractures médio-diaphysaires du fémur étaient représentatives de 81% de la cohorte. Nous pouvons ainsi dire que les facteurs de risques retrouvés dans cette étude s'adressent essentiellement aux fractures médio diaphysaires du fémur.

En terme de reprise sportive, de nombreux patients ont affirmé avoir une appréhension à cette reprise. Ceci n'est pas rapporté dans la littérature. Nous avons des résultats encourageant avec 54% de reprise du sport à 9 mois sans qu'aucun n'est repris la compétition.

Une étude complémentaire à plus long terme serait intéressante afin d'évaluer précisément ce critère chez nos patients.

#### *8.4. Complications*

Nous avons 12,5% de reprises chirurgicales dans notre série dont 6% pour chirurgie de dérotation fémorale, en prenant en compte les patients exclus initialement de l'analyse pour cette chirurgie. Les difficultés de réalisation d'imageries radiologiques initiales de qualité peuvent conduire à poser une indication d'enclouage en urgence, en méconnaissant un trait de fracture très distal. Ces fractures sont difficiles à réduire en raison de l'incarcération des parties molles. Ceci pourrait être une explication au 8,4% de pseudarthrose de notre série, concordant aux taux déclarés de pseudarthrose variant de 0,3% à 14,2% [41–43], lorsque le foyer de fracture est alésé.

Nous notons un allongement moyen de  $4,0 \pm 8,2$  mm en post opératoire. Cette valeur est concordante avec l'étude Patel [20], qui rapporte un allongement de  $5,3 \pm 4,4$  mm. La tendance est ainsi plutôt à l'allongement dans ce type de fracture tous types de traits confondus. Un seul patient a été repris chirurgicalement pour une inégalité de longueur clinique évidente, et ceci de manière extrêmement précoce. Cette prévalence est faible. Cela peut s'expliquer par la compensation si nécessaire à l'aide de semelles ou de talonnette orthopédique avant d'avoir recours à la chirurgie.

Aucune effraction corticale du clou ou de fracture de vis n'a été rapportée dans l'étude [44].

## 9. Conclusion

La méthode stéréographique EOS permet d'évaluer de manière fine les troubles de rotation séquellaires du traitement des fractures de la diaphyse fémorale par enclouage à foyer fermé. Un trouble de rotation stéréoradiographique était retrouvé chez 29,2% des patients de notre série. L'antéversion moyenne était de  $18,5 \pm 13,8$  degrés. Seuls 6% étaient symptomatiques pour un trouble axial et ont nécessité une reprise chirurgicale. Selon notre expérience, la chirurgie de dérotation fémorale doit être réservée aux grandes déformations supérieures à  $30^\circ$  par rapport au coté controlatéral, en corrélation avec la demande fonctionnelle du patient. Les facteurs de risques de survenue d'un trouble de rotation étaient les fractures multi-sites, la faible expérience du chirurgien, et l'abord du foyer de fracture. L'examen clinique du patient présentant un excès de rotation interne du membre semble être un indice de dépistage d'un trouble de rotation post enclouage.

Une évaluation clinique et radiologique per-opératoire, bilatérale et comparative semble indispensable pour une meilleure reproductibilité de la version fémorale native. Ce dépistage précoce, rapide, au bloc opératoire par amplificateur de brillance ou tomographie assistée par ordinateur permettrait d'éviter certains troubles de rotation majeurs chez les patients hyper ou rétroversés.

## 10. Bibliographie

- [1] Kuntscher G. Die Marknagelung von Knochenbrüchen. *Arc Klin Chir* 1940;200:435–455.
- [2] Jaarsma RL, van Kampen A. Rotational malalignment after fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:1100–4.
- [3] Winkquist RA, Hansen ST, Clawson DK. Closed intramedullary nailing of femoral fractures. A report of five hundred and twenty cases. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66:529–39.
- [4] Bråten M, Terjesen T, Rossvoll I. Femoral anteversion in normal adults. Ultrasound measurements in 50 men and 50 women. *Acta Orthop Scand* 1992;63:29–32.
- [5] Yang KH, Han DY, Jahng JS, Shin DE, Park JH. Prevention of malrotation deformity in femoral shaft fracture. *J Orthop Trauma* 1998;12:558–62.
- [6] Tornetta P, Ritz G, Kantor A. Femoral torsion after interlocked nailing of unstable femoral fractures. *J Trauma* 1995;38:213–9.
- [7] Bråten M, Tveit K, Junk S, Aamodt A, Anda S, Terjesen T. The role of fluoroscopy in avoiding rotational deformity of treated femoral shaft fractures: an anatomical and clinical study. *Injury* 2000;31:311–5.
- [8] Kalifa G, Charpak Y, Maccia C, Fery-Lemonnier E, Bloch J, Boussard JM, et al. Evaluation of a new low-dose digital x-ray device: first dosimetric and clinical results in children. *Pediatr Radiol* 1998;28:557–61.
- [9] Dubousset J, Charpak G, Skalli W, Kalifa G, Lazennec J-Y. EOS stereo-radiography system: whole-body simultaneous anteroposterior and lateral radiographs with very low radiation dose. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot* 2007;93:141–3.
- [10] Lazennec JY, Rousseau MA, Rangel A, Gorin M, Belicourt C, Brusson A, et al. Pelvis and total hip arthroplasty acetabular component orientations in sitting and standing positions: measurements reproductibility with EOS imaging system versus conventional radiographies. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011;97:373–80.
- [11] Chaibi Y, Cresson T, Aubert B, Hausselle J, Neyret P, Hauger O, et al. Fast 3D reconstruction of the lower limb using a parametric model and statistical inferences and clinical measurements calculation from biplanar X-rays. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2012;15:457–66.
- [12] Than P, Szuper K, Somoskeőy S, Warta V, Illés T. Geometrical values of the normal and arthritic hip and knee detected with the EOS imaging system. *Int Orthop* 2012;36:1291–7.
- [13] Saragaglia D, Picard F, Chaussard C, Montbarbon E, Leitner F, Cinquin P. Computer-assisted knee arthroplasty: comparison with a conventional procedure. Results of 50 cases in a prospective randomized study. *Rev Chir Orthop Réparatrice Appar Mot* 2001;87:18–28.
- [14] Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker H, Victor J. The Chitranjan Ranawat Award: Is Neutral Mechanical Alignment Normal for All Patients?: The Concept of Constitutional Varus. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470:45–53.
- [15] Mullaji AB, Shetty GM, Lingaraju AP, Bhayde S. Which factors increase risk of malalignment of the hip-knee-ankle axis in TKA? *Clin Orthop* 2013;471:134–41.
- [16] Jaarsma RL, Pakvis DFM, Verdonschot N, Biert J, van Kampen A. Rotational malalignment after intramedullary nailing of femoral fractures. *J Orthop Trauma* 2004;18:403–9.
- [17] Deschênes S, Charron G, Beaudoin G, Labelle H, Dubois J, Miron M-C, et al. Diagnostic imaging of spinal deformities: reducing patients radiation dose with a new slot-

scanning X-ray imager. *Spine* 2010;35:989–94.

[18] Knafo J, Thelen T, Verdier D, Creppy L, Tournier C, Fabre T. Reproducibility of low-dose stereography measurements of femoral torsion after IM nailing of femoral shaft fractures and in intact femurs. *Orthop Traumatol Surg Res* 2016;102:595–9.

[19] Bråten M, Terjesen T, Rossvoll I. Torsional deformity after intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Measurement of anteversion angles in 110 patients. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75:799–803.

[20] Patel NM, Yoon RS, Cantlon MB, Koerner JD, Donegan DJ, Liporace FA. Intramedullary nailing of diaphyseal femur fractures secondary to gunshot wounds: predictors of postoperative malrotation. *J Orthop Trauma* 2014;28:711–4.

[21] Tamari K, Tinley P, Briffa K, Bredahl W. Validity and reliability of existing and modified clinical methods of measuring femoral and tibiofibular torsion in healthy subjects: use of different reference axes may improve reliability. *Clin Anat N Y N* 2005;18:46–55.

[22] Hudson D, Royer T, Richards J. Ultrasound measurements of torsions in the tibia and femur. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:138–43.

[23] Schneider B, Laubenberger J, Jemlich S, Groene K, Weber HM, Langer M. Measurement of femoral antetorsion and tibial torsion by magnetic resonance imaging. *Br J Radiol* 1997;70:575–9.

[24] Souza RB, Powers CM. Concurrent criterion-related validity and reliability of a clinical test to measure femoral anteversion. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009;39:586–92.

[25] Nussbaumer S, Leunig M, Glatthorn JF, Stauffacher S, Gerber H, Maffiuletti NA. Validity and test-retest reliability of manual goniometers for measuring passive hip range of motion in femoroacetabular impingement patients. *BMC Musculoskelet Disord* 2010;11:194.

[26] Charbonnier C, Chagué S, Schmid J, Kolo FC, Bernardoni M, Christofilopoulos P. Analysis of hip range of motion in everyday life: a pilot study. *Hip Int J Clin* 2015;25:82–90.

[27] Bohannon RW, Gajdosik RL, LeVeau BF. Relationship of pelvic and thigh motions during unilateral and bilateral hip flexion. *Phys Ther* 1985;65:1501–4.

[28] Mochizuki T, Tanifuji O, Koga Y, Hata R, Mori T, Nishino K, et al. External torsion in a proximal tibia and internal torsion in a distal tibia occur independently in varus osteoarthritic knees compared to healthy knees. *J Orthop Sci* 2017;22:501–5.

[29] Krettek C, Rudolf J, Schandelmaier P, Guy P, Könemann B, Tscherne H. Unreamed intramedullary nailing of femoral shaft fractures: operative technique and early clinical experience with the standard locking option. *Injury* 1996;27:233–54.

[30] Krettek C, Miclau T, Grün O, Schandelmaier P, Tscherne H. Intraoperative control of axes, rotation and length in femoral and tibial fractures. Technical note. *Injury* 1998;29 Suppl 3:C29-39.

[31] Langer JS, Gardner MJ, Ricci WM. The cortical step sign as a tool for assessing and correcting rotational deformity in femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2010;24:82–8.

[32] Jeanmart L, Baert AL, Wackenheimer A. Computer tomography of neck, chest, spine and limbs: atlas of pathologic computer tomography. vol. 3. 1983.

[33] Folinis D, Thelen P, Delin C, Radier C, Catonne Y, Lazennec JY. Measuring femoral and rotational alignment: EOS system versus computed tomography. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99:509–16.

[34] Pomerantz ML, Glaser D, Doan J, Kumar S, Edmonds EW. Three-dimensional biplanar radiography as a new means of accessing femoral version: a comparative study of EOS three-dimensional radiography versus computed tomography. *Skeletal Radiol*



2015;44:255–60.

- [35] Morvan G, Guerini H, Carré G, Vuillemin V. Femoral Torsion: Impact of Femur Position on CT and Stereoradiography Measurements. *Am J Roentgenol* 2017;209:W93–9.
- [36] Delin C, Silvera S, Bassinet C, Thelen P, Rehel J-L, Legmann P, et al. Ionizing radiation doses during lower limb torsion and anteversion measurements by EOS stereoradiography and computed tomography. *Eur J Radiol* 2014;83:371–7.
- [37] Salem KH, Maier D, Keppler P, Kinzl L, Gebhard F. Limb malalignment and functional outcome after antegrade versus retrograde intramedullary nailing in distal femoral fractures. *J Trauma* 2006;61:375–81.
- [38] Omar M, Suero EM, Hawi N, Decker S, Krettek C, Citak M. Preoperative virtual reduction reduces femoral malrotation in the treatment of bilateral femoral shaft fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2015;135:1385–9. d
- [39] Ramme AJ, Egol J, Chang G, Davidovitch RI, Konda S. Evaluation of malrotation following intramedullary nailing in a femoral shaft fracture model: Can a 3D c-arm improve accuracy? *Injury* 2017;48:1603–8.
- [40] Cao J-Q, Huang J-H, Yuan T, Jia W-T, Gao H. Intraoperative Correction of Femoral Rotational Deformity Using a Conventional Navigation System and a Smartphone: A Novel Technique. *Surg Innov* 2017;24:446–54.
- [41] el Moumni M, Leenhouts PA, ten Duis HJ, Wendt KW. The incidence of non-union following unreamed intramedullary nailing of femoral shaft fractures. *Injury* 2009;40:205–8.
- [42] Karadimas EJ, Papadimitriou G, Theodoratos G, Papanikolaou A, Maris J. The effectiveness of the antegrade reamed technique: the experience and complications from 415 traumatic femoral shaft fractures. *Strateg Trauma Limb Reconstr Online* 2009;4:113–21.
- [43] Malik MHA, Harwood P, Diggle P, Khan SA. Factors affecting rates of infection and nonunion in intramedullary nailing. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:556–60.
- [44] Fantry AJ, Elia G, Vopat BG, Daniels AH. Distal femoral complications following antegrade intramedullary nail placement. *Orthop Rev* 2015;7:5820.

## 11. Annexes

**Annexe 1 Radiographies d'une fracture diaphysaire spiroïde longue du fémur droit : profil (2 premières) et face (2 dernières).**



**Annexe 2 Radiographies post opératoires à 15 mois (associé à un vissage sacro-iliaque bilatéral)**



## 12. Résumé en anglais

**INTRODUCTION:** Intramedullary nailing is the preferred method of fixation of shaft fractures of the femur. One of the hazards of this technique is the consolidation in malunion of the femur in the 3 planes of space (transverse, frontal and sagittal). The purpose of this work is to evaluate the quantification of shaft femoral malrotation operated by anterograde intramedullary nailing, using low dose stereoradiography (EOS). We hypothesized that our surgical technique reported a rate of radiological rotation disorders equivalent of those in the literature.

**MATERIAL AND METHODS:** We conducted a prospective, continuous, single-center study between January 1, 2014 and December 31, 2016, on patients over 15 years old with unilateral femoral shaft fracture treated with anterograde nailing. The main endpoint was the evaluation of a rotation disorder in the transverse plane greater than or equal to 15° with respect to the contralateral side, as measured by EOS.

**RESULTS:** Forty-eight patients were evaluated, 12 women (25%) and 36 men (75%) aged 31.4 years [15.4; 72.4] on average, at  $9.2 \pm 5.1$  months postoperative. A stereoradiographic rotation disorder was found in 29.2% of patients. Mean anteversion was  $18.5 \pm 13.8$  degrees. Six percent of patients had a symptomatic rotation disorder requiring surgical revision. No correlation between transverse plane rotation disorder and functional scores (SF12 and Harris) was found ( $P > 0.05$ ). Risk factors for occurrence of rotational disorder were multi-site fractures ( $P = 0.04$ ), low experience of the surgeon ( $P = 0.04$ ), fracture focus ( $P = 0.01$ ).

**CONCLUSION:** Our study reports a high prevalence of rotation disorders. The EOS stereographic method makes it possible to fine-tune the sequential rotation disorders of the treatment of femoral shaft fractures by closed-focus nailing. An intraoperative, bilateral and comparative clinical and radiographic evaluation seems essential for a better reproducibility of the native femoral version, in particular for early detection of hyper or retroverted patients.

### 13. Permis d'impression

THÈSE SOUTENUE PAR Mr Benoît ORFEUVRE

**TITRE : Evaluation stéréoradiographique EOS des cals vicieux diaphysaires fémoraux après enclouage centromédullaire. A propos d'une série prospective continue de 48 patients à 9 mois de recul.**

#### CONCLUSION :

**Introduction :** L'enclouage centromédullaire est la méthode privilégiée de fixation des fractures de la diaphyse fémorale. Un des aléas de cette technique est la consolidation en cal vicieux du fémur dans les 3 plans de l'espace (transversal, frontal et sagittal).

L'objectif de ce travail est d'évaluer la quantification des cals vicieux diaphysaires fémoraux, opérés par enclouage centromédullaire antérograde à l'aide de la stéréoradiographie basse dose (EOS). Nous avons fait l'hypothèse que notre technique chirurgicale rapportait un taux de troubles de rotation radiologiques équivalent à ceux de la littérature.

**Matériel et méthode :** Nous avons mené une étude prospective, continue, monocentrique entre le premier janvier 2014 et le 31 décembre 2016, sur des patients de plus de 15 ans, présentant une fracture unilatérale de la diaphyse fémorale traitée par enclouage antérograde. Le critère de jugement principal était l'évaluation d'un trouble de rotation dans le plan transversal supérieur ou égal à 15° par rapport au coté controlatéral, mesuré par EOS.

**Résultats :** Quarante huit patients ont été évalués, 12 femmes (25%) et 36 hommes (75%) de 31,4 ans [15,4; 72,4] en moyenne, à 9,2 ± 5,1 mois post opératoire. Un trouble de rotation stéréoradiographique était retrouvé chez 29,2% des patients. L'antéversion moyenne était de 18,5 ± 13,8 degrés. Six pourcents des patients présentaient un trouble de rotation symptomatique ayant nécessité une reprise chirurgicale. Aucune corrélation entre un trouble de rotation dans le plan transversal et les scores fonctionnels (SF12 et Harris) n'est retrouvée ( $P>0,05$ ). Les facteurs de risques de survenue d'un trouble de rotation étaient les fractures multi-sites ( $P=0,04$ ), la faible expérience du chirurgien ( $P=0,04$ ), l'abord du foyer de fracture ( $P=0,01$ ).

**Conclusion :** Notre étude rapporte une importante prévalence de troubles de rotation. La méthode stéréographique EOS permet d'évaluer de manière fine les troubles de rotation séquellaire du traitement des fractures de la diaphyse fémorale par enclouage à foyer fermé. Une évaluation clinique et radiographique per opératoire, bilatérale et comparative semble indispensable pour une meilleure reproductibilité de la version fémorale native, notamment pour dépister précocement les patients hyper ou rétroversés.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Grenoble, le : 26/04/2018

LE DOYEN  
DE L'UFR DE MÉDECINE

Pr. Patrice MORAND

Le Doyen de l'UFR de Médecine  
Pr. Patrice MORAND

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE  
JURY DE MÉDECINE

Pr. Dominique SARAGAGLIA

HOPITAL SUD de GRENOBLE  
Clinique de Chirurgie Orthopédique  
Traumatologie et Sport - Urgences  
Avenue de Kimberley - B.P. 338  
38734 ECHIROLLES Cedex



**EVALUATION STEREO RADIOGRAPHIQUE EOS DES CALS VICIEUX  
DIAPHYSAIRES FÉMORAUX APRES ENCLOUAGE CENTROMEDULLAIRE. A  
PROPOS D'UNE SERIE PROSPECTIVE CONTINUE DE 48 PATIENTS A 9 MOIS  
DE REcul.**

**RÉSUMÉ**

**Introduction** : L'enclouage centromédullaire est la méthode privilégiée de fixation des fractures de la diaphyse fémorale. Un des aléas de cette technique est la consolidation en cal vicieux du fémur dans les 3 plans de l'espace (transversal, frontal et sagittal).

L'objectif de ce travail est d'évaluer la quantification des cals vicieux diaphysaires fémoraux, opérés par enclouage centromédullaire antérograde à l'aide de la stéréoradiographie basse dose (EOS). Nous avons fait l'hypothèse que notre technique chirurgicale rapportait un taux de troubles de rotation radiologiques équivalent à ceux de la littérature.

**Matériel et méthode** : Nous avons mené une étude prospective, continue, monocentrique entre le premier janvier 2014 et le 31 décembre 2016, sur des patients de plus de 15 ans, présentant une fracture unilatérale de la diaphyse fémorale traitée par enclouage antérograde. Le critère de jugement principal était l'évaluation d'un trouble de rotation dans le plan transversal supérieur ou égal à 15° par rapport au coté controlatéral, mesuré par EOS.

**Résultats** : Quarante huit patients ont été évalués, 12 femmes (25%) et 36 hommes (75%) de 31,4 ans [15,4; 72,4] en moyenne, à 9,2 ± 5,1 mois post opératoire. Un trouble de rotation stéréoradiographique était retrouvé chez 29,2% des patients. L'antéversion moyenne était de 18,5 ± 13,8 degrés. Six pourcents des patients présentaient un trouble de rotation symptomatique ayant nécessité une reprise chirurgicale. Aucune corrélation entre un trouble de rotation dans le plan transversal et les scores fonctionnels (SF12 et Harris) n'est retrouvée ( $P>0,05$ ). Les facteurs de risques de survenue d'un trouble de rotation étaient les fractures multi-sites ( $P=0,04$ ), la faible expérience du chirurgien ( $P=0,04$ ), l'abord du foyer de fracture ( $P=0,01$ ).

**Conclusion** : Notre étude rapporte une importante prévalence de troubles de rotation. La méthode stéréographique EOS permet d'évaluer de manière fine les troubles de rotation séquellaire du traitement des fractures de la diaphyse fémorale par enclouage à foyer fermé. Une évaluation clinique et radiographique per opératoire, bilatérale et comparative semble indispensable pour une meilleure reproductibilité de la version fémorale native, notamment pour dépister précocement les patients hyper ou rétroversés.

**MOTS CLES** : fracture diaphyse fémorale, enclouage, EOS, cal vicieux, torsion fémorale, trouble de rotation

**FILIÈRE** : Chirurgie orthopédique et traumatologique