



**HAL**  
open science

# Épidémiologie, facteurs pronostiques et simulation chirurgicale des fractures de l'acetabulum traitées par ostéosynthèse : à propos d'une cohorte continue de 156 patients

Mehdi Boudissa

► **To cite this version:**

Mehdi Boudissa. Épidémiologie, facteurs pronostiques et simulation chirurgicale des fractures de l'acetabulum traitées par ostéosynthèse : à propos d'une cohorte continue de 156 patients. Médecine humaine et pathologie. 2015. dumas-01503855

**HAL Id: dumas-01503855**

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01503855v1>

Submitted on 7 Apr 2017

**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>



FACULTE DE MEDECINE DE GRENOBLE

Année : 2015

N° d'ordre

**Epidémiologie, facteurs pronostiques et simulation chirurgicale des fractures de l'acetabulum traitées par ostéosynthèse. A propos d'une cohorte continue de 156 patients.**

THESE

PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE  
DIPLOME D'ETAT

Par : **Mehdi BOUDISSA**

*[Données à caractère personnel]*

THESE SOUTENUE PUBLIQUEMENT A LA FACULTE DE MEDECINE DE  
GRENOBLE\*

**Le 18 Septembre 2015**

DEVANT LE JURY COMPOSE DE

**Monsieur le Professeur Dominique SARAGAGLIA, Président du jury**

**Monsieur le Professeur Jérôme TONETTI, Directeur de thèse**

**Monsieur le Professeur Philippe MERLOZ**

**Madame le Docteur Pomme JOUFFROY**

**Monsieur Matthieu CHABANAS**

*\*La Faculté 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.*



FACULTE DE MEDECINE DE GRENOBLE

Année : 2015

N° d'ordre

**Epidémiologie, facteurs pronostiques et simulation chirurgicale des fractures de l'acetabulum traitées par ostéosynthèse. A propos d'une cohorte continue de 156 patients.**

THESE

PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE  
DIPLOME D'ETAT

Par : **Mehdi BOUDISSA**

*[Données à caractère personnel]*

THESE SOUTENUE PUBLIQUEMENT A LA FACULTE DE MEDECINE DE  
GRENOBLE\*

**Le 18 Septembre 2015**

DEVANT LE JURY COMPOSE DE

**Monsieur le Professeur Dominique SARAGAGLIA, Président du jury**

**Monsieur le Professeur Jérôme TONETTI, Directeur de thèse**

**Monsieur le Professeur Philippe MERLOZ**

**Madame le Docteur Pomme JOUFFROY**

**Monsieur Matthieu CHABANAS**

*\*La Faculté 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.*

Doyen de la Faculté: **M. le Pr. Jean-Paul ROMANET**

Année 2014-2015

**ENSEIGNANTS A L'UFR DE MEDECINE**

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	ALBALADEJO Pierre	Anesthésiologie réanimation
MCU-PH	APEL Florent	Ophthalmologie
PU-PH	ARVIEUX-BARTHELEMY Catherine	chirurgie générale
PU-PH	BACONNIER Pierre	Biostatistique, Informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	BAGUET Jean-Philippe	Cardiologie
PU-PH	BALOSSO Jacques	Radiothérapie
PU-PH	BARRET Luc	Médecine légale et droit de la santé
PU-PH	BAUDAIN Philippe	Radiologie et Imagerie médicale
PU-PH	BEANI Jean-Claude	Dermato-vénérologie
PU-PH	BENHAMOU Pierre Yves	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BERGER Françoise	Biologie cellulaire
PU-PH	BETTEGA Georges	Chirurgie maxillo-faciale, stomatologie
MCU-PH	BOISSET Sandrine	Agents infectieux
PU-PH	BONAZ Bruno	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie
MCU-PH	BONNETERRE Vincent	Médecine et santé au travail
PU-PH	BOSSON Jean-Luc	Biostatistique, 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
MCU-PH	BOUZAT Pierre	Réanimation
PU-PH	BRAMBILLA CHRISTIAN	Pneumologie
PU-PH	BRAMBILLA Elisabeth	Anatomie et cytologie pathologiques
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
PU-PH	CAHN Jean-Yves	Hématologie
MCU-PH	CALLANAN-WILSON Mary	Hématologie, transfusion
PU-PH	CARPENTIER Françoise	Thérapeutique, médecine d'urgence

PU-PH	CARPENTIER Patriok	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	CHAVANON Olivier	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
PU-PH	CHIQUET Christophe	Ophthalmologie
PU-PH	CHIROSSSEL Jean-Paul	Anatomie
PU-PH	CINQUIN Philippe	Biostatistiques, Informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	COHEN Olivier	Biostatistiques, Informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	COUTURIER Pascal	Gériatrie et biologie du vieillissement
PU-PH	CRACOWSKI Jean-Luc	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PU-PH	DE GAUDEMARIS Régis	Médecine et santé au travail
PU-PH	DEBILLON Thierry	Pédiatrie
MCU-PH	DECAENS Thomas	Gastro-entérologie, Hépatologie
PU-PH	DEMATTEIS Maurice	Addictologie
PU-PH	DEMONGÉOT Jacques	Biostatistiques, Informatique médicale et technologies de communication
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	DUMESTRE-PERARD Chantal	Immunologie
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
PU-PH	GARBAN Frédéric	Hématologie, transfusion
PU-PH	GAUDIN Philippe	Rhumatologie
PU-PH	GAVAZZI Gaëtan	Gériatrie et biologie du vieillissement
PU-PH	GAY Emmanuel	Neurochirurgie
MCU-PH	GILLOIS Pierre	Biostatistiques, Informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	GODFRAIND Catherine	Anatomie et cytologie pathologiques (type clinique)
MCU-PH	GRAND Sylvie	Radiologie et Imagerie médicale
PU-PH	GRIFFET Jacques	Chirurgie infantile
MCU-PH	GUZUN Rita	Endocrinologie, diabétologie, nutrition, éducation thérapeutique

PU-PH	HALIMI Serge	Nutrition
PU-PH	HENNEBICQ Sylviane	Génétique et procréation
PU-PH	HOFFMANN Pascale	Gynécologie obstétrique
PU-PH	HOMMEL Maro	Neurologie
PU-PH	JOUK Pierre-Simon	Génétique
PU-PH	JUVIN Robert	Rhumatologie
PU-PH	KAHANE Philippe	Phytologie
PU-PH	KRACK Paul	Neurologie
PU-PH	KRAINIK Alexandre	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	LABARERE José	Département de veille sanitaire
PU-PH	LANTUEJOUL Sylvie	Anatomie et cytologie pathologiques
MCU-PH	LAPORTE François	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH	LARDY Bernard	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH	LARRAT Sylvie	Bactériologie, virologie
MCU-PH	LAUNOIS-ROLLINAT Sandrine	Phytologie
PU-PH	LECCIA Marie-Thérèse	Dermato-vénérologie
PU-PH	LEROUX Dominique	Génétique
PU-PH	LEROY Vincent	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie
PU-PH	LETOUBLON Christian	Chirurgie générale
PU-PH	LEVY Patrick	Phytologie
MCU-PH	LONG Jean-Alexandre	Urologie
PU-PH	MACHECOURT Jacques	Cardiologie
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	MCLEER Anne	Cytologie et histologie
PU-PH	MERLOZ Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	MORAND Patricia	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
MCU-PH	MOUCHET Patrick	Phytologie
PU-PH	MOUSSEAU Mireille	Canotologie
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	Hémo - transfusion
PU-PH	PASSAGGIA 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	POLACK Benoît	Hématologie
PU-PH	POLOSAN Mircea	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	PONS Jean-Claude	Gynécologie obstétrique
PU-PH	RAMBEAUD Jacques	Urologie
MCU-PH	RAY Pierre	Génétique
PU-PH	REYT Émile	Oto-rhino-laryngologie
MCU-PH	RIALLE Vincent	Biochimie, Informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	RIGHINI Christian	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	ROMANET J. Paul	Ophthalmologie
MCU-PH	ROUSTIT Matthieu	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique, addictologie
MCU-PH	ROUX-BUISSON Nathalie	Biochimie, toxicologie et pharmacologie
PU-PH	SARAGAGLIA Dominique	Chirurgie orthopédique et traumatologie
MCU-PH	SATRE Véronique	Génétique
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	SERGEANT Fabrice	Gynécologie obstétrique
PU-PH	SESSA Carmine	Chirurgie vasculaire
PU-PH	STAHL Jean-Paul	Maladies infectieuses, maladies tropicales
PU-PH	STANKE François	Pharmacologie fondamentale
MCU-PH	STASIA Marie-José	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	TAMISIER Renaud	Physiologie
PU-PH	TONETTI Jérôme	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	TOUSSAINT Bertrand	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	VANZETTO Gérald	Cardiologie
PU	VILLA Alessandro	Neurosciences
PU-PH	VUILLEZ Jean-Philippe	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	WEIL Georges	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	ZAOUÏ Philippe	Néphrologie
PU-PH	ZARSKI Jean-Pierre	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie



## **Remerciements**

### ***A mon maître et Directeur de thèse, Monsieur le Professeur Jérôme Tonetti***

Monsieur, je vous remercie très sincèrement pour tout ce que vous avez fait et continuez à faire pour moi. Vous m'avez donné le goût de l'enseignement, de la recherche et de la chirurgie du squelette axial. Travailler à vos côtés est un honneur et avoir votre confiance est une immense fierté. Vous êtes pour moi un véritable mentor par vos connaissances et compétences chirurgicales, mais aussi votre disponibilité, vos qualités humaines et vos analyses psychologiques. J'espère ne jamais vous décevoir. Vous avez, par vos qualités de manager, monté une équipe compétente et su vous entourer de personnes fiables. Cette citation de Bear Grylls résume vos qualités de chef de service: « *No one cares how much you know until they know how much you care* ». Soyez assuré de mon respect et de ma gratitude.

### ***A mon maître et Président du Jury, Monsieur le Professeur Dominique Saragaglia***

Monsieur, merci de me faire l'honneur de présider ce travail. Les mois passés dans votre service ont été riches d'enseignements et resteront gravés dans ma mémoire. Votre rigueur, vos compétences chirurgicales et vos connaissances m'ont impressionnés. Votre carrière chirurgicale et votre contribution à la chirurgie assistée par ordinateur sont des modèles pour l'orthopédie grenobloise. Vous m'avez dit un jour qu'il était plus difficile d'écrire un bon article scientifique que d'opérer. Merci pour vos conseils dans ces deux domaines. Merci pour avoir supporté mes blagues « graveleuses » au bloc opératoire. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de mon profond respect et de ma gratitude.

***A mon maître, Monsieur le Professeur Philippe Merloz***

Monsieur, je suis honoré de vous compter parmi les membres du jury de ma thèse. Vos travaux dans le domaine de la chirurgie assistée par ordinateur et vos connaissances en traumatologie contribuent au rayonnement de l'orthopédie grenobloise en France et à l'étranger. J'espère que mes travaux rencontreront le même succès. Merci de m'accorder votre soutien, merci pour votre présence et vos conseils. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de mon profond respect et de ma gratitude.

***A Monsieur Matthieu Chabanas***

Merci d'avoir accepté de juger ce travail. Merci d'avoir encadré mon stage de recherche de Master 2 et d'avoir contribué à la finalisation de mon projet de simulateur chirurgical des fractures de l'acetabulum. Cette thèse n'aurait pas vu le jour sans ton aide précieuse. Merci pour m'avoir focalisé dans ce vaste projet et m'avoir montré la marche à suivre. J'ai beaucoup apprécié ta disponibilité et tes compétences. Je vous souhaite une longue collaboration, dans ce domaine ou dans un autre. Travailler avec toi est un réel plaisir et d'un grand enrichissement.

***A Madame le Docteur Pomme Jouffroy***

Madame, je ne saurais comment vous remercier d'avoir accepté de venir à Grenoble pour juger cette thèse. J'ai beaucoup apprécié votre pédagogie, votre franc-parler et votre disponibilité au cours AO Bassin de Bruxelles où je vous ai rencontré pour la

première fois. Vous êtes garante d'un savoir-faire et de connaissances qui sont à l'origine de ce travail. Soyez assurée de mon respect et de ma gratitude.

### ***A ma femme, Amélie***

Merci pour ton soutien indéfectible, merci de me faire toujours autant rire, merci pour ta patience et ta tolérance. Merci de me rendre chaque jour meilleur. Tu es ma femme, mon amie, ma confidente et MON infirmière. Avec toi à mes côtés rien ne peut m'arriver. Je t'aime.

### **A ma famille**

*Maman*, merci pour tout ce que tu fais pour moi. Merci de m'avoir inculqué les valeurs du travail et du respect. Je sais que tu seras toujours là pour moi. Je suis fier d'être ton fils et ton chouchou (ça c'est pour faire rager Khier). Je t'aime.

*Papa*, merci de croire en moi, de me guider et de me montrer l'exemple. Je suis fier d'être ton fils. Maintenant que tu as un GPS tu es le père parfait. Je t'aime.

*Tatiana*, je n'aurais pas été un grand frère digne de ce nom si je ne t'avais pas martyrisé de surnoms et de chansons débiles. Tu es une femme accomplie et magnifique, à l'image de ton fils et de ton couple. Je t'aime. Merci Gabriel de prendre soin d'elle et de la supporter à ma place.

*Sarah*, je suis fier de ta réussite professionnelle et je suis impressionné par ton acharnement au travail, tes convictions et ta droiture. Même si tu es une « prof d'histoire agrégée » tu seras toujours ma petite sœur « croutard ». Je t'aime.

*Khier*, le « nouka » de sa « domane », merci pour tous les bons moments que nous passons ensemble, merci pour avoir souffert avec moi sur le marathon. Je t'aime petit frère même si tu portes des survêtements au travail, que tu écoutes Maître GIMS et que tu as une barbe de hispter. Prends soin de toi dans le « neuf trois » et rentre vite dans le sud.

*Léna (pizza)*, je suis fier que tu sois ma sœur. Bravo pour ton concours, tu seras une infirmière formidable car tu es une jeune femme douce et intelligente. Je t'aime.

*Choubi*, bravo pour ton baccalauréat. Je sais que tu réussiras tes études de psychologie et j'espère te revoir jouer bientôt. Même si tu es une tchouque ou une tchitche je t'aime.  
Ilianaconda hashtag make-up junkie. Max PTDR. Swaaaaag.

*Mimi et Nounou*, les deux terribles, mes andouilles des neiges, vous êtes beaux et je vous aime. Vous serez toujours la bienvenue chez Amélie et Mehdi « au paradis ». On vous fera des crêpes avec de l'Oasis.

*Mes chattes*, Eden pour les longues nuits de travail à ronronner sur mes genoux dans le bureau. Avec toi je ne suis jamais seul. Ermione pour les réveils le matin en faisant moufette. Avec toi je ne suis jamais en retard.

*A ma Geda*, pour son couscous et son thé à la menthe.

*A mes tantes et oncles*, Ouria, Dalila, Bibiche, Guégué, Eric, merci pour les bons moments passés ensemble.

*A mes cousins et cousines*, Samir, Lisa, Luana, Cylia, Hussein, Nolan, Lucas, Axel

*A mes amis de toujours*, Astrid roi d'Abidjan, Romain zafman dit « le fils », Michael dit « milo ».

*A ma belle-famille*, Dominique pour m'avoir accepté dans ta famille, tes conseils précieux en peinture, plomberie, bricolage et le très utile « oui mimi » qui me sert beaucoup.

Annick pour tes bons petits plats, ton accueil toujours chaleureux, ta générosité et ta gentillesse. Justine et Sébastien, pour les bons plans dans l'Ardèche. Dadou pour tes tee-shirts.

*Aux Pacholski*, pour leur bonne humeur et leur porte toujours ouverte.

*A Dumé « gerardmomo »* pour tous ces bons moments pendant l'externat. L'image de Galien et les fous rires en stage resteront dans les annales.

### **A tous ceux qui ont contribué à ma formation et à mon enrichissement professionnel ou personnel**

*A Monsieur le Professeur Jean-Marc Vital*, merci de m'avoir accueilli 6 mois dans votre service. Merci de m'avoir enseigné les techniques et astuces bordelaises. C'est un honneur et une grande fierté d'avoir travaillé à vos côtés.

*A Monsieur le Professeur Vincent Pointillart*, vous avez totalement chamboulé ma vision de la chirurgie. J'admire votre intégrité, votre foi et votre authenticité. Merci d'avoir pris

le temps de me montrer la complexité de la nature humaine. Vos consultations sont des moments forts qui me rappellent pourquoi je fais ce travail.

*A Monsieur le Professeur Olivier Gille, merci pour vos précieux conseils et vos astuces chirurgicales.*

*Au docteur Michel Milaire, pour me laisser la main en toute confiance, tout en gardant une présence rassurante, pour vos conseils dans la chirurgie du bassin.*

*Au docteur Brice Rubens-Duval, pour les bons moments au bloc et toutes les premières fois (chirurgicales bien sûr ;-))*

*Au docteur Jean-Marie Chirpaz-Cerbat, pour votre calme, votre polyvalence chirurgicale et votre préparation de table.*

*Au docteur Stephan Jager, pour ta gentillesse, ton professionnalisme et tes précieux conseils.*

*Au docteur Sebastian Ionescu. J'espère que tu maîtrises les pâtes au saumon « magiques ».*

*Au docteur Chaussard, au docteur Mercier, au docteur Blaysat, au docteur Plaweski, au docteur Pison pour mon premier semestre à Sud*

*A l'équipe de chirurgie pédiatrique*

Monsieur le Professeur Jacques Griffet pour votre présence paternaliste

Aurélien pour ton inventivité, tes compétences et tes qualités humaines

Monsieur Ahmad Eid pour votre sagesse, votre rigueur et votre technique chirurgicale.

Vous êtes mon dalaï-lama de la chirurgie.

Emeline « Von-Trullala » pour ton humour, ton organisation et ton efficacité.

Yohann, grâce à toi les gardes viscérales à palper des testicules d'enfant de la taille d'un chocobon étaient moins dures à supporter.

A l'équipe de chirurgie viscérale pédiatrique pour leur gentillesse face aux appels totalement incompréhensibles d'un orthopédiste devant une douleur abdominale.

A Oveeeeeeeers « dame pipi » et Faguet le champion.

A Fouad pour nous avoir repris 99% de nos gardes.

#### *A l'équipe de chirurgie de la main*

Monsieur le Professeur Moutet pour votre culture

Le docteur Denis Corcella pour m'avoir accordé toute sa confiance

Le docteur Alexandra Forli pour ses trucs et astuces « forlindables »

Virginie pour avoir refusé de faire une reconstruction de périnée. (« Moi vivante, je ne ferais pas de reconstruction de périnée !!! »)

Alessandro Semere le « gold medal » : j'me coupe le doigt, j'me coupe le doigt,

Alessandro, j'm'ampute la pulpe, j'm'ampute la pulpe, Alessandro...

*A l'équipe de chirurgie digestive d'Annecy*

*Au docteur Leon N'Kashama, pour avoir pris soin de ma femme pendant que j'étais à Bordeaux.*

*Au personnel paramédical rencontré durant ces 5 années*

Les filles du 7<sup>ème</sup>, les filles du 5<sup>ème</sup>, les filles du 4<sup>ème</sup>

Annie, la secrétaire joggeuse top-model

Valérie et toutes les secrétaires du 4<sup>ème</sup>

L'équipe des urgences de l'hôpital Sud : Angèle, Magalie, Nadège, Francis, Christine...

L'équipe de chirurgie de la main du service (y compris Fanny et Amélie même si vous nous avez abandonné) et de la consultation

L'équipe du 13<sup>ème</sup> A et du 13<sup>ème</sup> C : Escherichia Nelly, Melle « M », Tania « héritière du démon », Mélodie, Céline, Lolita, Séverine, Françoise, Marie-clauuude, Marion et Marion du calendrier coquin, Stéphanie, Emilie et toutes celles et ceux que j'ai oubliés

A Nicole Lambros « mauricette » pour me supporter chaque matin à la visite

Aux secrétaires, aux plâtriers et aux kinés du 13<sup>ème</sup>

Aux IBODES du bloc orthopédique : Nathalie « cougar », Balass « Marie-Hélène » dit « la tendre », « Je trouve que Nelly a beaucoup de charme », Sandrine...

Aux IBODES du bloc des urgences

A Kalef pour les installations « express » et les blagues sur les arabes



## **A mes confrères, collaborateurs mais surtout amis**

Vincent, merci pour ton amitié sincère, je sais que je peux compter sur toi et réciproquement. Même si tu t'habilles chez « The Kooples » je suis fier de te compter parmi mes amis.

Benoît, pour les fous rires, les heures dans le bureau de pédiatres à rédiger cette thèse et à pester contre les doigts portés.

Michel Vouyer dit « chemi », je sais qu'un jour tu me choisiras à la place de « hitier maison ».

Billy Cheuuud, mon collègue dusty men, « in tartiflette we trust ». Mais existe-t-il un autre style cow-boy ?

Gaël, pour ton calme impénétrable au bloc opératoire et ta passion pour les chats.

Travailler avec toi est un plaisir et je nous souhaite une longue collaboration.

Sébastien « rouatti » dit « coach » ou « bel abricot » ou plus récemment « le géant » pour ton professionnalisme et ton imagination débordante. Pour toutes les interventions studieuses et délirantes à la fois. Ruatti, c'est comme le café carte d'or, une expérience unique... (Vas comme le vent pile-poil !)

Séverine, Lydie, Charline, les drôle de dames de l'orthopédie. Merci pour votre confiance et votre amitié.

Aurélien « Marlon Roudette », Baptiste « beeeelvita » et Romain « le boucher » pour les bons moments passés à Sud.

Jérémy, nous n'avons jamais travaillé ensemble mais j'ai toujours apprécié ton implication dans la vie de l'internat et ton combat pour l'amélioration de nos conditions de travail. Félicitation pour ta belle petite famille.

Spirou, merci pour ton humour, ta bonne humeur et ton soutien pendant ce premier stage à Annecy. Ton seul défaut c'est de supporter le PSG...

René-Christopher, pour les bitstrips à la main.

Marine, pour tes cheveux mouillés du matin à 7h43 (3 minutes trop tard...)

Benoit Orfeuvre dit « le roux », pour les bons moments passés en pédiatrie, pour cette soirée orgasmique à Nice et pour m'avoir fait découvrir la reine des neiges (arrête de fantasmer sur Anna la sœur d'Elsa, elle n'est pas réelle !).

A tous mes autres co-internes : Pierre « gros-toast », Gabriel « congé-lateur », Loïc, Benoit, Julie, Jean-Nad, Marie-Berthe, Olivier, Clémentine, Petit ruisseau tout carrié, Bremondo, Gabriel, Huss et Marius.

Antoine Vallée, Nicolas Maise, Nicolas Morin-Salvo, Willy Grasset « le meilleur élément » et Roch « cœur de pirate ».

A Louis Boissière, Rémi Mariey, Jean Bernard, Julien Rigal et Hugues Demezou.

Sabine, ma gériatre préférée, je compte sur toi pour que mes patients survivent jusqu'à leur consultation de contrôle. (Que je puisse voir les EOS...)

Hadrien, pour ton excellent travail sur le simulateur

Merci enfin à Delphine, Benoît, Patrick, Gilles et Véronique, Sébastien et Philippe pour leur participation à l'organisation de cette thèse.

**Je dédie ce travail à Zouzou et Farida. Je pense à vous.**

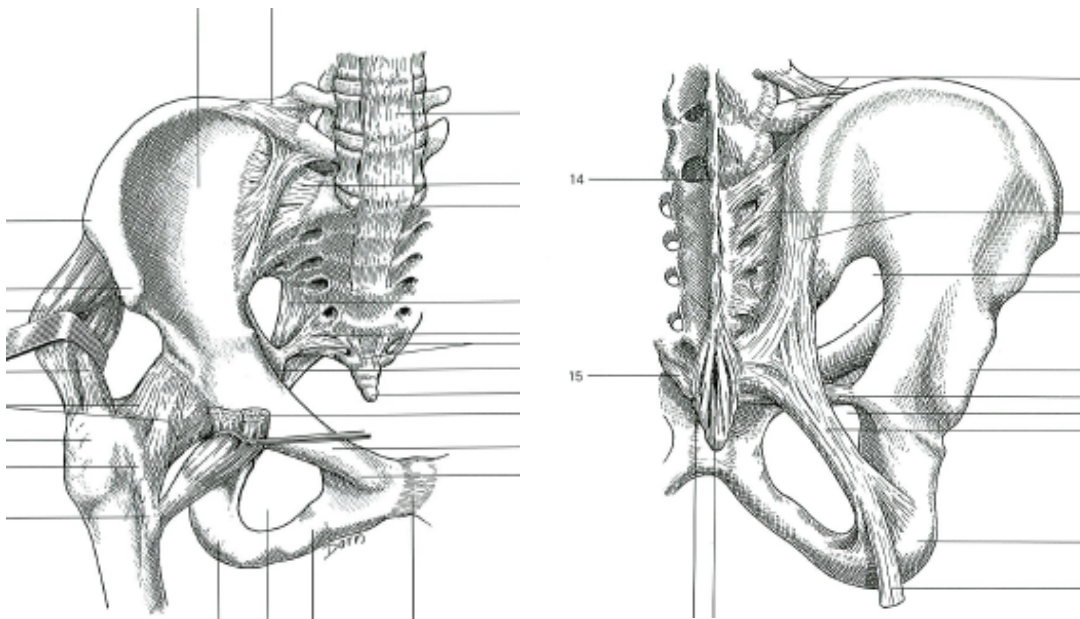
## Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>p.18</b>
<b>Partie 1</b>	<b>p.27</b>
<i>Résumé</i>	<i>p.28</i>
<i>Introduction</i>	<i>p.30</i>
<i>Matériels et Méthodes</i>	<i>p.31</i>
<i>Résultats</i>	<i>p.33</i>
<i>Discussion</i>	<i>p.35</i>
<i>Conclusion</i>	<i>p.37</i>
<i>Références</i>	<i>p.38</i>
<i>Tableaux</i>	<i>p.40</i>
<b>Partie 2</b>	<b>p.46</b>
<i>Résumé</i>	<i>p.47</i>
<i>Introduction</i>	<i>p.48</i>
<i>Matériels et Méthodes</i>	<i>p.48</i>
<i>Résultats</i>	<i>p.52</i>
<i>Discussion</i>	<i>p.54</i>
<i>Conclusion</i>	<i>p.57</i>
<i>Références</i>	<i>p.58</i>
<i>Tableaux</i>	<i>p.61</i>

<b>Partie 3</b>	<b>p.64</b>
<i>Résumé</i>	<i>p.65</i>
<i>Introduction</i>	<i>p.67</i>
<i>Matériels et Méthodes</i>	<i>p.68</i>
<i>Résultats</i>	<i>p.70</i>
<i>Discussion</i>	<i>p.76</i>
<i>Conclusion</i>	<i>p.78</i>
<i>Références</i>	<i>p.79</i>
<b>Conclusion</b>	<b>p.81</b>
<b>Annexes</b>	<b>p.83</b>

## Introduction

L'acetabulum ou cotyle est une cavité de l'os coxal formée par la réunion de l'ilium, de l'ischion et du pubis. Il accueille la tête du fémur pour former l'articulation de la hanche ou articulation coxo-fémorale. Véritable jonction entre les membres inférieurs et le squelette axial, cette articulation possède 3 degrés de liberté articulaire permettant la réalisation de mouvements circulaires de circumduction. Ceci est permis par la congruence osseuse entre la tête fémorale et la cavité acétabulaire mais également par un système complexe musculo-tendineux (figure 1).



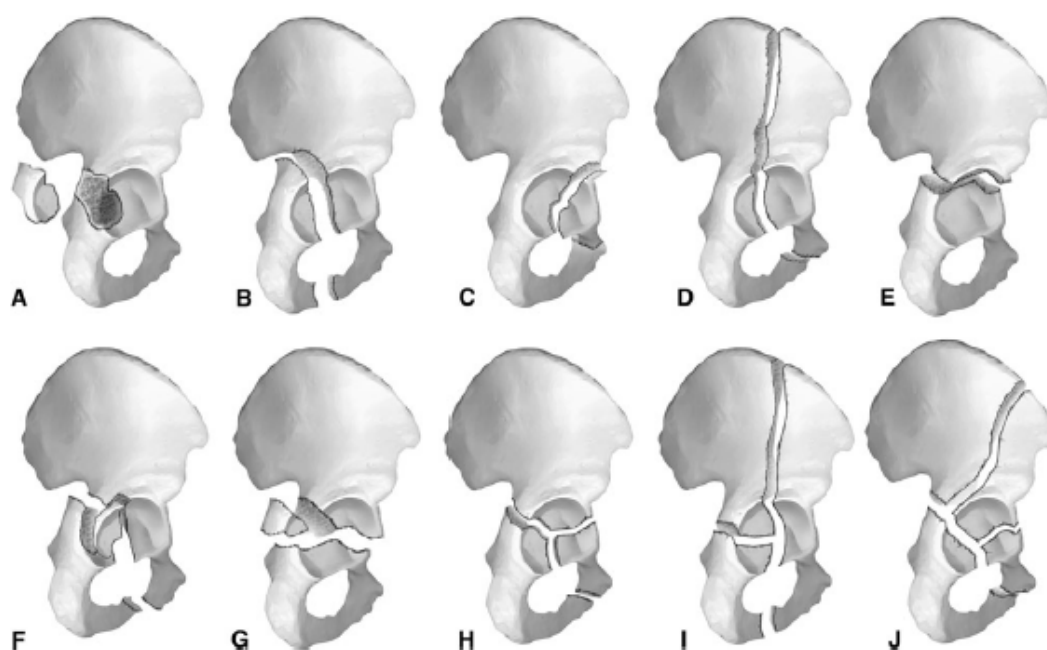
*Figure 1 : représentation des différents ligaments, insertions musculaires (tendons) et capsules articulaires. (D'après Voies d'abord chirurgicales du membre inférieur, AC. Masquelet, Ed. Masson).*

Emile Letournel, chirurgien français, sous la direction de son professeur Robert Judet, décrit pour la première fois en 1961 la classification des fractures de l'acétabulum dans son travail de thèse qui sera publié en 1964. Cette classification, encore considérée comme la classification de référence de nos jours, repose sur le concept embryologique des 2 colonnes : une colonne antérieure (en bleue) et une colonne postérieure (en jaune) (figure 2).



*Figure 2 : représentation sur os sec de la colonne antérieure (bleue) et de la colonne postérieure (jaune).*

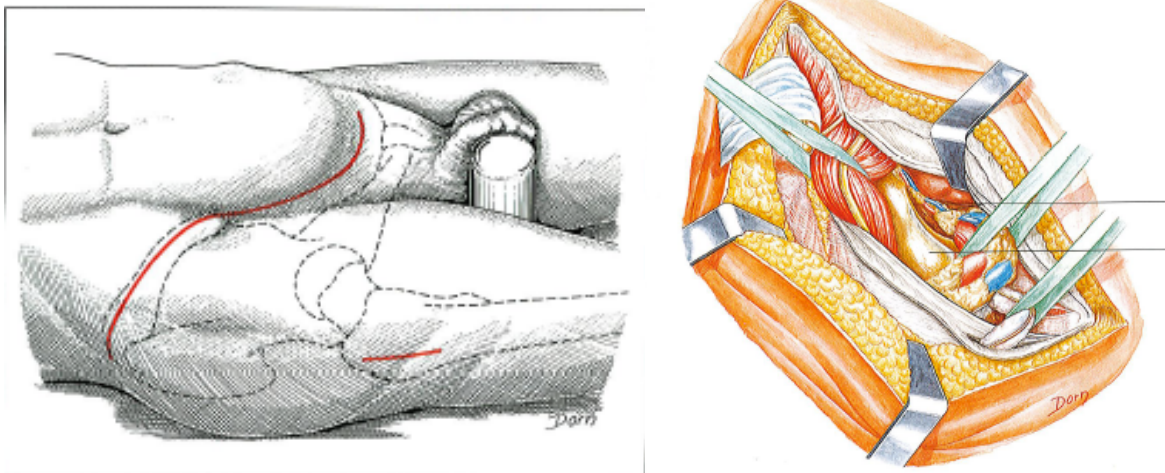
La classification de Letournel repose sur la description des traits fracturaires par rapport aux colonnes. On distingue 10 schémas fracturaires, 5 simples et 5 complexes représentés dans la figure 3 [1-3].



*Figure 3: Classification de Letournel des fractures de l'acétabulum [4]. Les fractures simples sont représentées par les parois postérieures (A), colonnes postérieures (B), parois antérieures (C), colonnes antérieures (D), transverses (E). Les fractures complexes sont représentées par les colonnes postérieures + parois postérieures (F), transverses + parois postérieures (G), fractures en "T" (H), colonnes antérieures + hémitransverses postérieures (I), bi-colonnes (J).*

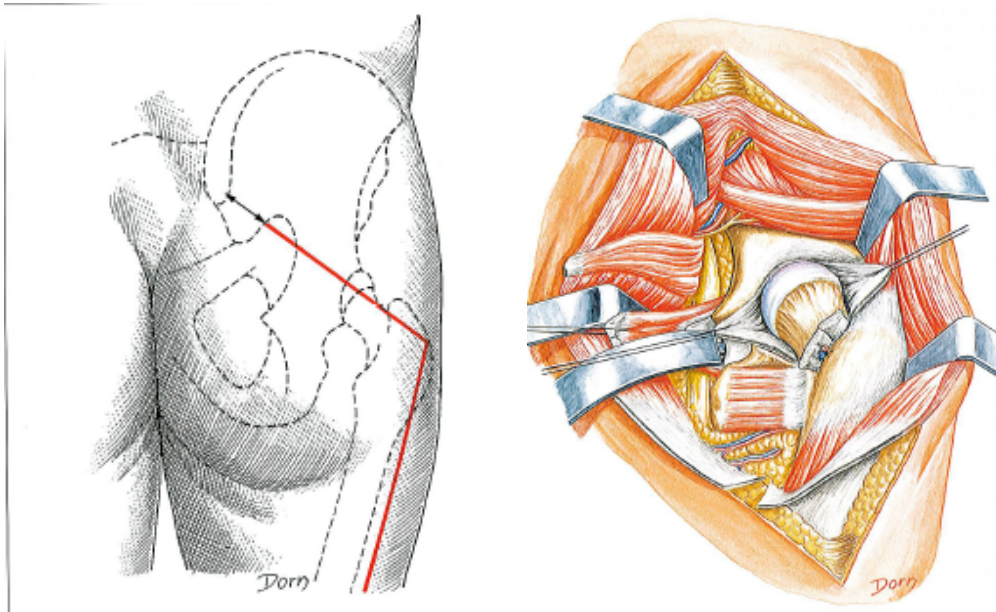
Cette classification, fondée initialement sur des vues radiographiques, a été adaptée par Pomme Jouffroy aux reconstructions scannographiques, plus faciles à comprendre [4].

La chirurgie des fractures de l'acétabulum représente un véritable challenge chirurgical. En effet, l'abord du cotyle ne peut se faire que partiellement, en passant de part et d'autres d'éléments nobles vasculo-nerveux profonds. En fonction de l'approche chirurgicale choisie, une partie de la fracture sera accessible directement sous contrôle visuel du chirurgien alors qu'une autre partie sera accessible par contrôle indirecte palpatoire ou par représentation mentale. Les 2 principales voies d'abord sont : la voie ilio-inguinale antérieure (figure 4) et la voie de Kocher-Langenbeck postérieure (figure 5).



*Figure 4 : Voie d'abord ilio-inguinale : tracé de l'incision cutanée et fenêtre moyenne.  
(D'après Voies d'abord chirurgicales du membre inférieur, AC. Masquelet, Ed. Masson)*





*Figure 5 : Voie d'abord de Kocher-Langenbeck : tracé de l'incision cutanée et exposition finale (ici avec capsulotomie). (D'après Voies d'abord chirurgicales du membre inférieur, AC. Masquelet, Ed. Masson)*

Le choix de la voie d'abord est fondamental, car de la réussite de la chirurgie va dépendre l'avenir fonctionnel de la hanche. Un défaut de réduction de plus de 2 mm est reconnu comme facteur pronostique d'arthrose secondaire et de prothèse totale de hanche [5]. Une longue courbe d'apprentissage est nécessaire et c'est pourquoi ces fractures sont prises en charge dans des centres nationaux de références [6].

Des systèmes de planification et de simulation chirurgicale ont été proposés pour faciliter la compréhension fracturaire et mieux choisir la voie d'abord mais ces systèmes sont basés sur des principes de manipulation géométrique en 3 dimensions des différents fragments dans l'espace. Les fragments 3D sont obtenus après segmentation semi-automatique par des logiciels spécialisés [7-9]. Même si ces systèmes permettent d'anticiper le positionnement, la

forme et les dimensions du matériel d'ostéosynthèse pour une réduction optimale, ils ne permettent pas d'anticiper les difficultés chirurgicales en lien avec la voie d'abord car la réduction géométrique est purement théorique [7].

Les objectifs de ce travail de thèse étaient :

- Dresser un bilan épidémiologique des fractures de l'acetabulum ostéosynthésées dans notre structure durant les 10 dernières années.
- Comprendre les causes d'échec en terme de réduction et de stratégie chirurgicale en établissant une liste de facteurs pronostics de mauvaise réduction chirurgicale.
- Evaluer l'apport d'une modélisation de l'acte chirurgical à partir d'éléments biomécaniques et de la simulation de l'acte chirurgical en testant différentes séquences de réduction.

Chacune de ces missions a fait l'objet d'un ou plusieurs articles scientifiques soumis à des revues référencées ou présentés à des congrès spécialisés.

**Les trois articles sont rapportés *ad integrum*, comme soumis aux éditeurs, au prix de certaines redondances, obligatoires dans la mesure où il s'agit d'une thématique commune et de la même série de patients. Certains ont été délibérément laissés en anglais afin d'éviter des biais de traduction.**

## Références :

- [1] Letournel E. Fractures of the cotyloid cavity, study of a series of 75 cases. [in French]. J Chronic Dis 1961;82:47-87.
- [2] Judet R, Judet J, Letournel E. Fractures of the acetabulum : classification and surgical approach for open reduction. J Bone Joint Surg Am 1964;46:1615-1646.
- [3] Letournel E. Acetabulum fractures : classification and management. Clin Orthop 1980;151:81-106.
- [4] Jouffroy P. Diagnostic lésionnel des fractures du cotyle. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT 2001, p.97-122.
- [5] Matta JM, Merritt PO. Displaced acetabular fractures. Clin Orthop Relat Res 1988;230:83-97.
- [6] Tonetti J. Management of recent unstable fractures of the pelvic ring. An update conference supported by the Club Bassin Cotyle. (Pelvis-Acetabulum Club). Orthop Traumatol Surg Res 2013;99:S77-86.
- [7] Cimerman M, Kristan A. Preoperative planning in pelvic and acetabular surgery : The value of advanced computerised planning modules. Injury 2007;38:442-449.

[8] Hu Y and al. Computer-assisted virtual surgical procedure for acetabular fractures based on real CT data. *Injury* 2011;42:1121-1124.

[9] Fornaro J and al. An interactive surgical planning tool for acetabular fractures : initial results. *J Orthop Surg Res* 2010;4:5-50.

**Partie 1: Epidémiologie des fractures de l'acétabulum traitées par ostéosynthèse. A propos d'une cohorte continue de 156 patients.**

*A 10-year retrospective epidemiological study of surgical management by Open Reduction with Internal Fixation for acetabular fracture.*

M. Boudissa\*, G. Kerschbaumer\*, S. Ruatti\*, Ph. Merloz\*, M. Milaire\*, J. Tonetti \*

\* Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, CHU Grenoble, Hôpital Nord, 38700 La Tronche, France.

Boudissa Mehdi, Orthopedic and Traumatology Surgery Department, Grenoble University Hospitals, Boulevard de la Chantourne 38700 La Tronche, Fax number : +33476765218, Phone number : +33601046824, e-mail address: mboudissa@chu-grenoble.fr

**Conflits d'intérêts :** Les auteurs déclarant n'avoir aucuns conflits d'intérêts en relation avec cet article.

## **Résumé:**

*Introduction* Peu d'études s'intéressent aux données épidémiologiques des fractures de l'acétabulum. Le but de ce travail était (1) d'identifier les caractéristiques épidémiologiques d'une cohorte continue de patients traités par ostéosynthèse d'une fracture de l'acétabulum et (2) de déterminer les changements au cours du temps dans la stratégie chirurgicale en comparant deux périodes de 5 ans (première période de 2005 à 2009 et seconde période de 2010 à 2014).

*Méthodes* 156 patients traités par ostéosynthèse de fracture de l'acétabulum entre 2005 et 2014 étaient inclus. Les données épidémiologiques, cliniques, radiologiques et les données de la stratégie chirurgicale étaient relevées. Les 49 patients opérés pendant la première période étaient comparés avec les 107 patients opérés pendant la seconde période.

*Résultats* L'âge moyen était de 40,3 ans (17-80), avec 81% de patients masculins. Les mécanismes lésionnels étaient dominés par les accidents de la voie publique (49%) suivis par les accidents de sports (37%) avec une majorité d'accidents de ski (24%). Le score ISS moyen était de 10,6 (0-48). Les fractures les plus représentées étaient les transverses + parois postérieures (22%) suivies par les parois postérieures (19%) et les colonnes antérieures avec hemi-transverse postérieure (18%). 56% des patients étaient opérés par voie de Kocher-Langenbeck, et 24% par une voie ilioinguinale. Une réduction anatomique était obtenue dans 39% des cas. Une différence significative dans la stratégie chirurgicale était constatée avec un taux supérieur de plaques de

reconstruction associées à un vissage isolé de la colonne controlatérale et un taux inférieur de mauvaise réduction dans la seconde période.

*Conclusion* Dans notre expérience, les fractures les plus souvent ostéosynthésées sont les transverses + parois postérieures suivies par les parois postérieures et les colonnes antérieures + hémitransverse postérieure. Une augmentation du nombre de fractures ostéosynthésées durant toute la période de l'étude avec une réduction significative du taux de mauvaise réduction chirurgicale sur la seconde période étaient observée. Une meilleure compréhension des mécanismes fracturaires et une courbe d'apprentissage par "effet Trauma-Center" permettent d'expliquer ces résultats.

*Niveau de preuve:* Niveau 4 étude rétrospective.

**Mots-clés:** fractures de l'acétabulum, ostéosynthèse, épidémiologie, mécanisme lésionnel, polytraumatisme.



**Introduction:**

Les fractures de l'acétabulum représentent un challenge en chirurgie orthopédique. Un défaut de réduction de 2-3 mm est considéré comme la limite acceptable pour réduire le risque de coxarthrose post-opératoire et d'arthroplastie de hanche précoce [1,2]. De part la longue courbe d'apprentissage, cette chirurgie s'effectue dans des centres nationaux de références [3].

Seules quelques études récentes s'intéressent à l'épidémiologie des fractures de l'acétabulum en Europe [4-6]. Avec les progrès des techniques chirurgicales et la meilleure compréhension des mécanismes fracturaires, nous pouvons supposer certains changements dans l'ostéosynthèse de ces fractures au cours du temps.

L'objectif de ce travail était (1) d'identifier les caractéristiques épidémiologiques d'une cohorte continue de patients traités par ostéosynthèse d'une fracture de l'acétabulum sur une période de 10 ans et (2) de déterminer les changements au cours du temps dans la stratégie chirurgicale des ostéosynthèses des fractures de l'acétabulum en comparant deux périodes de 5 ans (première période de 2005 à 2009 et seconde période de 2010 à 2014).

## **Matériels et Méthodes:**

Tous les patients ostéosynthésés pour une fracture de l'acétabulum entre 2005 et 2014 étaient inclus. Les patients non opérés ou opérés par arthroplastie ainsi que les mineurs étaient exclus. Cette étude a permis de recueillir les données épidémiologiques, cliniques, radiologiques et de la stratégie chirurgicale. Les données des 49 patients opérés pendant la première période étaient comparées avec celles des 107 patients opérés pendant la seconde période.

Conformément aux critères de Matta, les chirurgiens étaient considérés comme non entraînés quand ils avaient opérés moins de 50 fractures de l'acétabulum au moment de l'étude [2]. Un observateur indépendant évaluait la qualité de la réduction chirurgicale en accord avec les critères de Matta (anatomique pour un déplacement de 0-1mm, imparfaite pour un déplacement de 2-3 mm et mauvaise au-delà de 3 mm) [2]. Les décalages résiduels et les espaces inter-fracturaires étaient mesurés conformément aux travaux de Borelli et coll. sur chaque coupe scannographique (figure 1) [7].

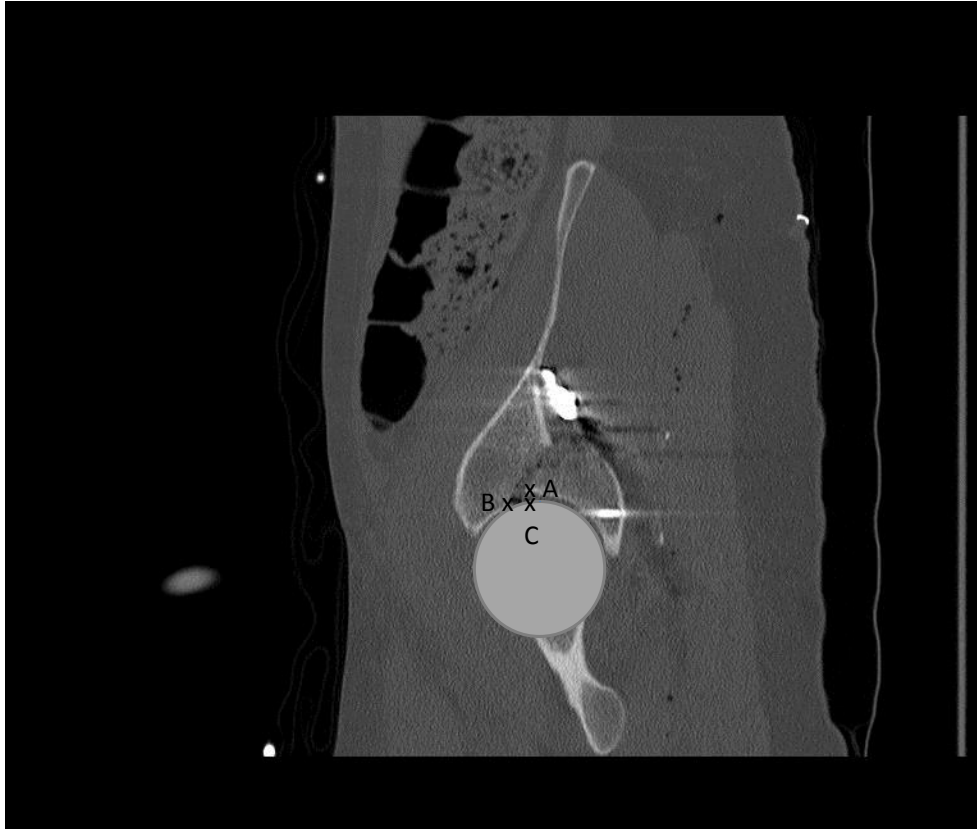


Figure 1: Méthode de mesure des “marches d’escaliers” (distance AC) et des “gaps” (distance AB) résiduels selon Borelli et coll sur les images scanographiques [7].

Les fractures étaient classées conformément à la classification de Letournel en accord avec les données radiologiques (radiographies et scanners) et les constatations per-opératoires [1, 8].

Nous avons inclus 156 patients (30 femmes et 126 hommes), 49 patients durant la première période (9 femmes et 40 hommes) et 107 patients durant la seconde période (21 femmes et 86 hommes).

L’étude statistique a été réalisée à l’aide du logiciel SAS institute’s StatView 5.5 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Les variables quantitatives étaient analysées par un test de Student et les variables qualitatives par un test de Khi2. Quand les variables quantitatives étaient appariées, un test de Student apparié était réalisé. Quand les tests étaient non paramétriques,

un test de Fisher pour variables qualitatives et un test de Mann-Whitney pour variables quantitatives étaient réalisés. Toutes les valeurs de p ont été comparées avec une valeur alpha de 0.05 pour rechercher une différence significative. Cette étude était approuvée par notre comité local d'éthique.

### **Résultats:**

L'âge moyen des patients opérés était de 40,3 ans (17-80), avec une médiane à 37 ans et 81% d'hommes. Le principal mécanisme lésionnel était représenté par les accidents de la voie publique (76 patients, 49%), suivi par les accidents de sport (57 patients, 37%) dont une majorité d'accidents de ski (38 patients, 24%). Nous n'avons pas retrouvé de différences statistiquement significatives entre les deux périodes (tableau 1). Le taux de patients âgés de plus de 60 ans est resté constant sur toute la période. Les données cliniques sont résumées dans le tableau 1. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les 2 périodes

La répartition des fractures de l'acétabulum selon la classification de Letournel est résumée dans le tableau 2. Un taux supérieur de fractures transverses + parois postérieures sur la seconde période était retrouvé (33% versus 17%;  $p=0,01$ ).

Les constatations radiologiques sont résumés dans le tableau 3. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les deux périodes (tableau 3).

Les données de la stratégie chirurgicale sont résumées dans le tableau 4. Une différence statistiquement significative était retrouvée dans la stratégie chirurgicale avec d'avantage de

plaques de reconstruction associées au vissage de la colonne controlatérale durant la seconde période (36% versus 12%,  $p=0.001$ ). Une réduction anatomique de la fracture était obtenue dans 39% des cas, une réduction imparfaite dans 24% des cas et une mauvaise réduction dans 37% des cas. Une différence statistiquement significative était retrouvée concernant la qualité de la réduction avec moins de mauvaise réduction durant la seconde période (31% versus 53%,  $p=0,018$ ) (tableau 4).

Le taux de mortalité sur toute la période de l'étude était de 0,6%. Les complications sont résumées dans le tableau 5. Une prévention des maladies thrombo-emboliques veineuses et des ossifications hétérotopiques était réalisée pour tous les patients. Une arthroplastie de hanche précoce (< 6 mois) était réalisée pour 14 patients (9%) ayant des mauvais résultats cliniques (mauvaise réduction, ostéonécrose ou luxation de hanche). Aucune différence statistiquement significative entre les deux périodes n'étaient constatée (tableau 5).

#### *Autres résultats statistiques*

Plusieurs associations statistiques ont été évaluées. Seuls les résultats statistiquement significatifs sont présentés. Le score ISS était supérieur pour les hommes ( $p=0,03$ ) et pour les polytraumatisés ( $p=0,01$ ). Une luxation de la tête fémorale était associée à un score ISS élevé ( $p=0,02$ ) et une plus longue durée de séjour ( $p=0,01$ ). Un score ISS > 4 était associé avec une durée de séjour plus longue ( $p = 0,0001$ ). Les fractures complexes selon la classification de Letournel étaient associées avec une durée de séjour plus longue ( $p=0,005$ ). L'impaction cartilagineuse du toit ( $p=0,01$ ) et une mauvaise réduction ( $p=0,001$ ) étaient statistiquement associée à une arthroplastie de hanche précoce (< 6 mois).

## **Discussion:**

Ce travail a permis d'évaluer les données épidémiologiques d'une cohorte continue de 156 patients pris en charge pour ostéosynthèse d'une fracture de l'acétabulum sur une période de 10 ans. A notre connaissance, la seule étude épidémiologique française portant sur les ostéosynthèses des fractures de l'acétabulum est la série de 75 cas publiée par Letournel en 1994, Les autres séries françaises s'intéressant aux résultats des ostéosynthèses [10,11]. En comparant deux périodes successives de 5 ans, nous n'avons pas constaté de modifications majeures au cours du temps.

Une étude épidémiologique allemande récente retrouvait un âge moyen de 47,3 ans et un taux de 78% de patients de sexe masculin [6]. Contrairement aux données de la littérature, le taux de patients de plus de 60 ans est resté constant durant toute la période. Ces différences pourraient s'expliquer par le fait que ces études traitent des fractures de l'acétabulum opérées et traitées de façon conservatrice.

12% des patients souffraient d'ostéoporose. Cette information n'est pas souvent retrouvée dans la littérature. Le faible pourcentage de patients ostéoporotiques pourrait s'expliquer par la prédominance de patients de sexe masculin. Des corticales solides au niveau de l'extrémité supérieure du fémur vont transférer les forces depuis la partie proximale du fémur jusqu'à l'acétabulum, tandis que les patients ostéoporotiques auront tendance à se fracturer le fémur proximal [17].

Les fractures les plus souvent ostéosynthésées étaient les fractures transverses + parois postérieures (n=34, 22%) suivies par les fractures de la paroi postérieure (n=29, 19%) et les colonnes antérieures + hémitransverse postérieure (n=28, 18%). Ochs et coll. retrouvaient une

majorité de fracture de la paroi postérieure (19,4%), de fractures bi-colonnes (19,3%) et de fractures de la colonne antérieure (12,3%) mais ils évaluaient des fractures opérées et des fractures non opérées [6]. En comparant les données épidémiologiques de fractures de l'acétabulum traitées chirurgicalement entre la Chine et les Etats-Unis, Mauffrey et coll. retrouvaient une distribution similaire des types fracturaires avec une majorité de fractures de la paroi postérieure et de fractures transverses + parois postérieures (32% et 14% aux Etats-Unis, 30% et 10% en Chine) (tableau 6) [9].

Un meilleur taux de réduction anatomique était retrouvé sur la seconde période. Une meilleure compréhension de la fracture et la progression des techniques et compétences chirurgicales pourraient expliquer ces résultats. La courbe d'apprentissage est corrélée à l'effet Trauma-Center avec une augmentation continue du nombre de patients opérés sur toute la durée de l'étude (49 patients sur la première période versus 107 patients sur la seconde période). Ceci pourrait expliquer les modifications significatives dans l'ostéosynthèse entre les deux périodes avec plus de plaques de reconstruction associées à un vissage de la colonne controlatérale sur la seconde période. Dans la série de Ochs et al, la voie de Kocher-Langenbeck étaient la plus souvent utilisée par le passé tandis qu'actuellement les voies de Kocher-Langenbeck et ilio-inguinales sont utilisées dans les mêmes proportions. Pour les auteurs, ceci s'explique par une augmentation du taux de fractures concernant la colonne antérieure chez les patients de plus de 60 ans et une meilleure connaissance de cette voie d'abord [6]. Dans notre série 56% des fractures étaient opérées par une voie de Kocher-Langenbeck et 24% par une voie ilio-inguinale. La différence s'explique par la plus faible proportion de fractures atteignant la colonne antérieure dans notre série (Tableaux 3 et 6).

**Conclusion:**

Cette étude évalue l'épidémiologie des fractures de l'acétabulum traitées par ostéosynthèse sur une période de 10 ans. Les fractures les plus souvent ostéosynthésées sont les transverses + parois postérieures suivies par les parois postérieures et les colonnes antérieures + hémitransverse postérieures. Une augmentation du nombre de fractures ostéosynthésées durant toute la période de l'étude était constatée avec une réduction significative du taux de mauvaise réduction chirurgicale sur la seconde période. Une meilleure compréhension des mécanismes fracturaires et une courbe d'apprentissage par "effet Trauma-Center" expliquent ces résultats.



## References :

- [1] Judet R, Judet J, Letournel E. Fractures of the acetabulum: classification and surgical approaches for open reduction. Preliminary report. *J Bone Joint Surg Am* 1964;46:1615-46.
- [2] Matta JM, Merritt PO. Displaced acetabular fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1988;230:83-97.
- [3] Tonetti J. Management of recent unstable fractures of the pelvic ring. An update conference supported by the Club Bassin Cotyle. (Pelvis-Acetabulum Club). *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99:S77-86.
- [4] Mears DC, Velyvis JH, Chang CP. Displaced acetabular fractures managed operatively: indicators of outcome. *Clin Orthop Relat Res* 2003;407:173-86.
- [5] Laird A, Keating JF. Acetabular fractures: a 16-year prospective epidemiological study. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87:969-73.
- [6] Ochs BG, Marintschev I, Hoyer H, Rolauffs B, Culemann U, Pohlemann T, Stuby FM. Changes in the treatment of acetabular fractures over 15 years: Analysis of 1266 cases treated by the German Pelvic Multicentre Study Group (DAO/DGU). *Injury* 2010;41:839-51.
- [7] Borrelli J Jr, Ricci WM, Steger-May K, Totty WG, Goldfarb C. Postoperative radiographic assessment of acetabular fractures. A comparison of plain radiographs and CT scans. *J Orthop Trauma* 2005;19:299-304.
- [8] Letournel E. Acetabulum fractures : classification and management. *Clin Orthop* 1980;151:81-106.
- [9] Mauffrey C, Hao J, Cuellar DO 3rd, Herbert B, Chen X, Liu B, Zhang Y, Smith W. The epidemiology and injury patterns of acetabular fractures: are the USA and China comparable? *Clin Orthop Relat Res* 2014;472:3332-7.

- [10] Letournel E. Fractures of the acetabulum. A study of a series of 75 cases. *Clin Orthop Relat Res* 1994;305:5-9.
- [11] Dunet B, Tournier C, Billaud A, Lavoinnie N, Fabre T, Durandeau A. Acetabular fracture: long-term follow-up and factors associated with secondary implantation of total hip arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99:281-90.
- [12] Mayo KA. Open reduction and internal fixation of fractures of the acetabulum. Results in 163 fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1994;305:31-7.
- [13] Ruesch PD, Holdener H, Ciaramitaro M, Mast JW. A prospective study of surgically treated acetabular fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1994;305:38-46.
- [14] Matta JM. Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78:1632-45.
- [15] Giannoudis PV, Grotz MR, Papakostidis C, Dinopoulos H. Operative treatment of displaced fractures of the acetabulum. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87:2-9.
- [16] Tannast M, Najibi S, Matta JM. Two to twenty-year survivorship of the hip in 810 patients with operatively treated acetabular fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:1559-67.
- [17] Ferguson TA, Patel R, Bhandari M, Matta JM. Fractures of the acetabulum in patients aged 60 years and older: an epidemiological and radiological study. *J Bone Joint Surg Br* 2010;92:250-7.

Tableau 1: Données démographiques et mécanismes lésionnels de la population étudiée.

<b>Variable*</b>	<b>Période totale de l'étude (2005-2014) n = 156</b>	<b>Période 1 (2005-2009) n = 49</b>	<b>Période 2 (2010-2014) n = 107</b>	<b>p value</b>
Age (années) *	40,3 +/- 15	41,7 +/- 16,2	39,7 +/- 14,5	NS
Age ≥ 60 ans (%)	12%	14%	10%	NS
<b>Sexe (%)</b>				
Homme	81%	82%	80%	NS
Femme	19%	18%	20%	NS
Indice de masse corporelle *	24 +/- 3,5	25 +/- 4,3	24 +/- 3	NS
Osteoporose (%)	12%	14%	11%	NS
<b>Mécanisme lésionnel (%)</b>				
Accidents de la voie publique	49%	57%	45%	NS
Accident de sport	37%	35%	37%	NS
Chute d'un lieu élevé	19%	12%	21%	NS
Simple chute	<1%	0%	1%	NS
<b>Lésions associées (%)</b>				
Membres périphériques	33%	33%	34%	NS
Anneau pelvien	21%	24%	19%	NS
Rachis	8%	8%	7%	NS
Traumatisme cranio-facial	19%	27%	15%	NS
Poumons	23%	24%	22%	NS
Abdomen	12%	8%	14%	NS
Génito-urinaire	< 1%	0%	1%	NS
* valeur quantitative exprimée en moyenne +/- déviation standard		NS = Non Significatif		

Tableau 2: Répartition des fractures de l'acetabulum selon la classification de Letournel [8].

Variable	Période totale de l'étude (2005-2014) n = 156	Période 1 (2005-2009) n = 49	Période 2 (2010-2014) n = 107	p value
<b>Fractures simples</b>	46 (30%)	11 (24%)	35 (33%)	NS
Paroi postérieure	29 (19%)	5 (11%)	24 (22%)	NS
Colonne postérieure	1 (< 1%)	0 (0%)	1 (1%)	NS
Paroi antérieure	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	NS
Colonne antérieure	11 (7%)	4 (9%)	7 (7%)	NS
Transverse	5 (3%)	2 (4%)	3 (3%)	NS
<b>Fractures complexes</b>	107 (70%)	35 (76%)	72 (67%)	NS
Colonne postérieure + paroi postérieure	11 (7%)	3 (7%)	8 (7%)	NS
Transverse + paroi postérieure	34 (22%)	16 (33%)	18 (17%)	p = 0,01
"T"	9 (6%)	2 (4%)	7 (7%)	NS
Colonne antérieure + hémitransverse postérieure	28 (18%)	8 (17%)	20 (19%)	NS
Bi-colonne	25 (16%)	6 (13%)	19 (18%)	NS
Non classée	3 (2%)	3 (6%)	0 (0%)	NS
NS = Non Significatif				

Tableau 3: Données radiologiques sur toute la période de l'étude et pour chaque période.

<b>Variable</b>	<b>Période totale de l'étude (2005-2014)</b>	<b>Période 1 (2005-2009)</b>	<b>Période 2 (2010-2014)</b>	<b>p value</b>
Taux de patients (%)				
Luxation de la tête fémorale	34%	38%	32%	NS
Fracture de la tête fémorale	4%	0%	6%	NS
Protrusion de la tête fémorale	20%	18%	21%	NS
Séparation de la surface quadrilatère	14%	15%	14%	NS
Comminution de la paroi postérieure	67%	70%	65%	NS
Impaction du toit	52%	60%	50%	NS
Comminution de la paroi antérieure	32%	33%	32%	NS
Fragments intra-articulaires	12%	16%	9%	NS
NS = Non significatif				

Tableau 4: Prise en charge chirurgicale sur toute la durée de l'étude et pour chaque période.

<b>Variable*</b>	<b>Période totale de l'étude (2005-2014) n = 156</b>	<b>Période 1 (2005-2009) n = 49</b>	<b>Période 2 (2009-2014) n = 107</b>	<b>p value</b>
Durée de séjour*	20,6 +/- 11	21,5 +/- 13	20,2 +/- 10	NS
Delai traumatisme-chirurgie <sup>†</sup>	6,2 +/- 4	6,2 +/- 4	6,2 +/- 4	NS
Durée opératoire*	128 +/- 56	120 +/- 40	132 +/- 61	NS
<i>Expérience chirurgicale (%)</i>				
Sénior	98 (63%)	32 (65%)	66 (62%)	NS
Junior	58 (37%)	17 (35%)	41 (38%)	NS
<i>Qualité de la réduction (%)</i>				
Anatomique (0-1mm)	56 (39%)	12 (32%)	44 (42%)	p = 0,01
Imparfait (2-3mm)	34 (24%)	6 (16%)	28 (27%)	p = 0,016
Pauvre (> 3mm)	52 (37%)	20 (53%)	32 (31%)	p = 0,018
Non documenté	14 (9%)	11 (22%)	3 (3%)	
<i>Voie d'abord (%)</i>				
Kocher-Langenbeck (KL)	88 (56%)	26 (43%)	62 (58%)	NS
Ilio-inguinale (II)	38 (24%)	14 (29%)	24 (22%)	NS
KL et II	19 (12%)	5 (10%)	14 (13%)	NS
Ilio-fémorale	7 (4%)	2 (4%)	5 (5%)	NS
<i>Ostéosynthèse(%)</i>				
Plaque de reconstruction	71 (46%)	37 (76%)	34 (32%)	p = 0,002
+ vissage de la colonne controlatérale	45 (29%)	6 (12%)	39 (36%)	p = 0,001
Plaque de reconstruction + "spring plate"	14 (9%)	1 (2%)	13 (12%)	NS
Autre	26 (17%)	5 (10%)	21 (20%)	NS
* variable quantitative exprimée en moyenne +/- déviation standard		NS = Non Significatif		

Tableau 5: Récapitulatif des complications sur la durée totale de l'étude et pour chaque période.

<b>Variable</b>	<b>Période totale de l'étude (2005-2014) n = 156</b>	<b>Période 1 (2005-2009) n = 49</b>	<b>Période 2 (2010-2014) n = 107</b>	<b>p value</b>
Taux de patients (%)	94 (60%)	34 (69%)	60 (56%)	NS
Transfusion sanguine	75 (48%)	28 (57%)	47 (44%)	NS
Choc hémorragique	9 (6%)	4 (8%)	5 (5%)	NS
<i>Lésion neurologique</i>	14 (9%)	4 (8%)	10 (9%)	NS
Paralysie sciatique pré-op	9 (6%)	2 (4%)	7 (7%)	NS
Paralysie sciatique post-op	5 (3%)	2 (4%)	3 (3%)	NS
Vis intra-articulaire	12 (8%)	4 (8%)	8 (7%)	NS
Thrombose veineuse profonde	14 (9%)	7 (14%)	9 (8%)	NS
Embolie pulmonaire	5 (3%)	2 (4%)	3 (3%)	NS
Syndrome des loges	2 (1%)	0 (0%)	2 (2%)	NS
<i>Lésion vasculaire</i>	3 (2%)	3 (6%)	0 (0%)	NS
Lésion veineuse	1 (0,6%)	1 (2%)	0 (0%)	NS
Lésion artérielle	2 (1%)	2 (4%)	0 (0%)	NS
Infection profonde	3 (2%)	1 (2%)	2 (2%)	NS
Infection pulmonaire	2 (1%)	0 (0%)	2 (2%)	NS
Détresse respiratoire	1 (0,6%)	0 (0%)	1 (1%)	NS
Décès	1 (0,6%)	0 (0%)	1 (1%)	NS
Arthroplastie précoce (< 6 mois)	14 (9%)	5 (10%)	9 (8%)	NS
Ossification hétérotopique	4 (3%)	1 (2%)	3 (3%)	NS
Luxation de hanche	3 (2%)	0 (0%)	3 (3%)	NS

NS = Non significatif

Tableau 6: Répartition des différents types fracturaires dans les principales séries de la littérature.

Série (années)	Fractures simples (%) (PP (%); CP (%); PA (%); CA (%); Tr (%))	Fractures complexes (%) (CP+PP (%); Tr+PP (%); "T" (%); CA+HTP (%); BC (%))	Non classées (%)	Total
Mayo KA [12] (1994)	41 (25%) PP(9%); CP(2%); PA(4%); CA(4%); Tr(6%)	122 (75%) CP+PP(2%); Tr+PP(20%); "T"(7%); CA+HTP(4%); BC(41%)	0 (0%)	163
Ruesch PD [13] (1994)	18 (18%) PP(9%); CP(0%); PA(0%); CA(7%); Tr(2%)	84 (82%) CP+PP(7%); Tr+PP(25%); "T"(5%); CA+HTP(16%); BC(30%)	0 (0%)	102
Matta JM [14] (1996)	54 (21%) PP(8%); CP(3%); PA(1%); CA(5%); Tr(3%)	208 (79%) CP+PP(4%); Tr+PP(23%); "T"(12%); CA+HTP(6%); BC(35%)	0 (0%)	262
Mears DC [4] (2003)	119 (28%) PP(7%); CP(4%); PA(3%); CA(6%); Tr(8%)	305 (72%) CP+PP(8%); Tr+PP(13%); "T"(21%); CA+HTP(6%); BC(24%)	0 (0%)	424
Giannoudis PV [15] (2005)	1504 (41%) PP(23%); CP(4%); PA(2%); CA(4%); Tr(8%)	2166 (59%) CP+PP(6%); Tr+PP(17%); "T"(9%); CA+HTP(5%); BC(22%)	0 (0%)	3670
Tannast M [16] (2012)	241 (30%) PP(13%); CP(2%); PA(1%); CA(10%); Tr(3%)	575 (70%) CP+PP(3%); Tr+PP(18%); "T"(12%); CA+HTP(9%); BC(29%)	0 (0%)	816
Boudissa M (2015)	46 (30%) PP(19%); CP(1%); PA(0%); CA(7%); Tr(3%)	107 (70%) CP+PP(7%); Tr+PP(22%); "T"(6%); CA+HTP(18%); BC(16%)	3 (2%)	156
PP = paroi postérieure; CP = colonne postérieure; PA = paroi antérieur; CA = colonne antérieure; Tr = Transverse; HTP = hémitransverse postérieure; BC = bi-colonne				



**Part 2: The Outcome of Acetabular fractures and associated Prognostic Factors – A retrospective study of 156 operated cases spanning 10 years .**

M. Boudissa \*, S. Ruatti\*, G. Kerschbaumer\*, M. Milaire\*, Ph. Merloz\*, J. Tonetti \*

\* Orthopaedic and Traumatology Surgery Department, Grenoble University Hospitals, Northern Hospital, 38700 La Tronche, Joseph Fourier University, Grenoble, France.

Boudissa Mehdi, Orthopaedic and Traumatology Surgery Department, Grenoble University Hospitals, Boulevard de la Chantourne 38700 La Tronche, Fax number : +33476765218, Phone number : +33601046824, e-mail address: mboudissa@chu-grenoble.fr

**Conflicts of Interest and Source of Funding :** The authors declare that they have no conflicts of interest concerning this article

## **Summary:**

*Questions/purposes* The aim of this study was to identify prognostic factors associated with a poor quality of reduction and their relationships.

*Methods* Data from medical charts for all patients admitted with acetabular fractures operated by Open Reduction and Internal Fixation (ORIF) from 2005 to 2014 were extracted. 156 patients with a mean age of 40, 3 years were included. The prognostic factors analyzed were clinical and radiological factors. A new radiological parameter was also studied: the scanographic roof-arc angle. Specific statistical analysis was performed using a logistic regression model.

*Results* Using a multivariate analysis logistic regression model: roof impaction ( $p = 0,001$ ; OR = 6,59; CI95% [2,01-20,97]), transverse + posterior wall ( $p = 0,03$ , OR = 2,52; CI95% [1,46-13,65]) and surgeons in training ( $p = 0,02$ ; OR = 1,24; CI95% [1,07-3,32]) were three independent prognostic factors. Lower values of medial and posterior scanographic roof-arc angle were associated with unsatisfactory reduction. A significant association between unsatisfactory reduction and posterior roof arc angle  $< 61^\circ$  was found.

*Conclusions* Three independent prognostic factors associated with a risk of unsatisfactory reduction in ORIF for acetabular fractures were identified: roof impaction, transverse + posterior wall fracture and surgeons in training. Scanographic roof-arc angle seems to be a new prognostic factor.

*Level of Evidence* Level 4 retrospective study

**Keywords:** acetabular fracture; ORIF; prognosis factor; reduction quality; roof arc angle.

## **Introduction:**

Acetabular fractures are a challenge in orthopedic surgery. A reduction with less than 3 mm of incongruence is generally considered acceptable, to limit the post-operative osteoarthritis that could rapidly require total hip arthroplasty [1,2]. Due to the long learning curve, this surgery is limited to large reference centers [3].

The main prognostic factors of bad clinical outcomes are well known today even if the different studies do not always share the same conclusions. It is commonly admitted that articular displacement of more than 3 mm, articular gap or step, femoral head injury and femoral head luxation, marginal impactions, quadrilateral plate separation and retained loose bodies inside the hip joint are prognostic factors of bad clinical outcome [3-7]. The other factors are less consensual [8-10].

The aim of this study was to identify prognostic factors associated with a poor quality of reduction (more than 3 mm gap or discontinuity) and their relationships in a 10-year retrospective cohort.

## **Materials and Methods:**

Data from medical charts for 156 patients admitted to our institution with acetabular fractures operated from January 2005 to December 2014 were extracted. All adult patients with an acetabular fracture treated surgically by ORIF were included. Non-surgical patients and underage patients were excluded from the study. The prognostic factors analyzed were clinical and radiological such as the age, osteoporosis, the Body Mass Index (BMI), the delay

from injury to surgery, the Injury Severity Score (ISS), polytrauma context, the fracture type according to the Letournel classification, a femoral head dislocation or fracture, the roof impaction, the anterior or posterior marginal impaction, a central femoral head protrusion, the separation of the quadrilateral plate, the surgeon experience, the surgical approach, the number of surgeries, the type of ORIF. According to Matta, surgeons were considered as “in training” when they had operated less than 50 acetabular fractures at the time of the study [2]. An independent observer assessed the reduction quality according to Matta (anatomical for 0-1 mm displacement, imperfect for 2-3 mm displacement and unsatisfactory reduction for articular displacement greater than 3 mm) [2]. Residual step and gap deformity were measured according to Borelli and al on each CT image (*figure 1*) [11].



Figure 1: Measurement of residual step (distance AC) and gap (distance AB) deformity according to Borelli and al on each CT image [12].

For the fracture description, Letournel classification was used according to the radiological data (including X-rays and CT scans) and the findings at the time of surgery [1,12].

A new radiological parameter was also studied: the scanographic roof-arc angle. Scanographic roof arc angle corresponds to the lower angle of the fracture line through the acetabular dome to the vertical line through the rotational center of the acetabulum on sagittal and frontal views of the CT scan [8,13,14,15,16] (figure 2).

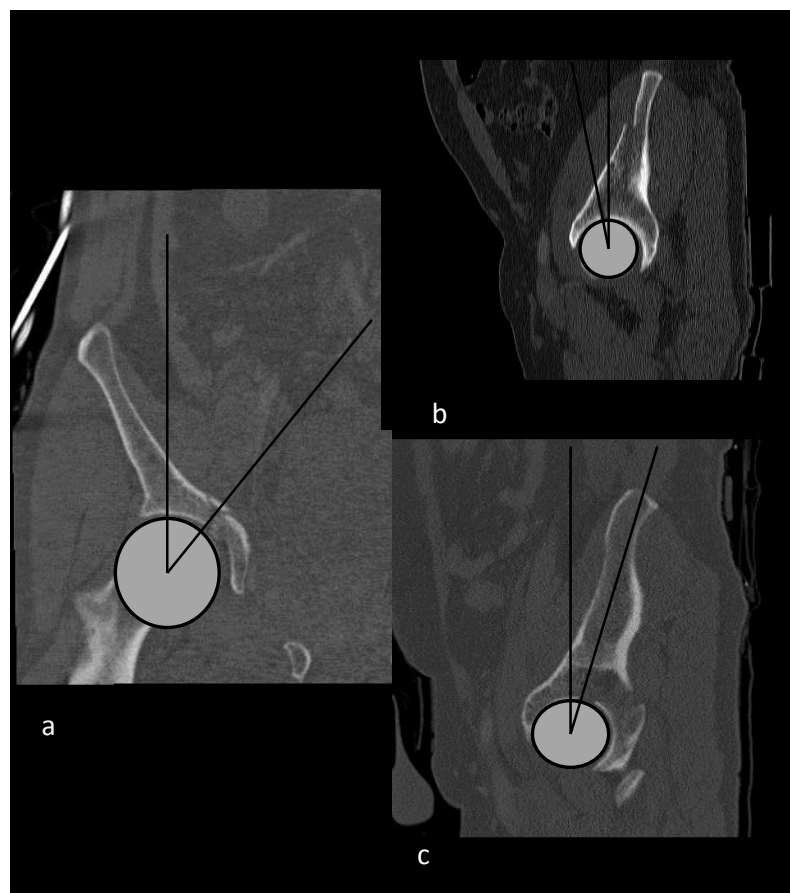


Figure 2: Scanographic medial (a), anterior (b) and posterior (c) roof-arc angles

We also analyzed, whenever possible (according to the fracture type), the anterior, posterior and medial scanographic roof-arc angles. When the measure was not possible because of

femoral head dislocation or both-column fractures the scanographic roof-arc angle was measured postoperatively after surgical reduction.

156 patients (30 women and 126 men) with a mean age of 40, 3 years (17 to 80), median 37 years were included. The male-to-female predominance was 81% to 19%. The most commonly treated fracture patterns were transverse + posterior wall (22%) followed by posterior wall fractures (19%) and anterior + posterior hemitransverse fractures (18%). Prevalence of femoral head luxation was 34%, prevalence of femoral head fracture was 4% and prevalence of central dislocation was 20%. The prevalence of separation of quadrilateral plate was 14%. Prevalence of posterior wall comminution and marginal impaction was 67%. Prevalence of anterior wall comminution and marginal impaction was 32%. Prevalence of roof impaction was 52%. Prevalence of incarcerated acetabular fragments was 12%. Distribution of fracture patterns is summarized in Table 1.

Statistical analysis was performed using Statview 5.5 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Student's t-test was used to compare quantitative variables and the Chi-square test used with qualitative variables. If the p-value was lower than the chosen alpha value of 0.05, the difference was considered significant. Specific statistical analysis was performed using a logistic regression model.

Our institutional review board and ethics committee approved this retrospective study.

## **Results :**

Results of surgical management are summarized in Table 2. An anatomical fracture reduction was achieved in 39% of cases; an imperfect reduction was obtained in 24% of cases and an unsatisfactory reduction was obtained in 37% of cases.

### *Univariate analysis*

Concerning epidemiological and clinical data, only Body-Mass Index > 28 was statistically associated with a poorer reduction quality ( $p = 0,01$ ; OR = 1,65; CI 95% [1,06-4,73]).

Regarding fracture patterns: associated patterns were statistically associated with unsatisfactory reduction ( $p = 0,001$ ; OR = 1,52; CI95% [1,02-4,52]). Transverse + posterior wall fractures were statistically associated with unsatisfactory reduction ( $p = 0,0001$ ; OR = 2,34; CI95% [1,70-6,87]). The other fracture patterns did not show statistically significant differences. Concerning radiological data only the roof impaction ( $p = 0,0001$ ; OR = 7,76; CI95% [2,63-21,78]) was statistically associated with an unsatisfactory reduction.

Regarding surgical management only surgeon experience was associated with unsatisfactory reduction when surgeons in training performed surgery ( $p = 0,02$ ; OR = 1,45; CI95% [1,09-4,32]). Significant results are summarized in Table 3.

### *Multivariate logistic regression analysis*

To avoid mutual confounding of prognostic factors we performed a multivariate logistic regression analysis. Body-Mass index and associated patterns lost their statistical significance. The roof impaction ( $p = 0,001$ ; OR = 6,59; CI95% [2,01-20,97]), a transverse + posterior wall

fracture ( $p = 0,03$ , OR = 2,52; CI95% [1,46-13,65]) and surgeon in training ( $p = 0,02$ ; OR = 1,24; CI95% [1,07-3,32]) were the three independent prognostic factors for unsatisfactory reduction. Table 3 presents the multivariate analysis results.

### *Scanographic roof arc angle*

The value of medial scanographic roof arc angle and posterior scanographic roof arc angle were statistically correlated with the quality reduction with a significantly lower value in unsatisfactory reductions. The mean value of medial roof arc angle was  $21,9^{\circ}$  (0 to  $53^{\circ}$ ) in unsatisfactory reduction versus  $27,8^{\circ}$  (0 to  $82^{\circ}$ ) in anatomical and imperfect reduction ( $p = 0,04$ ). The mean value of posterior roof arc angle was  $4,9^{\circ}$  (0 to  $26^{\circ}$ ) in unsatisfactory reduction versus  $8,2^{\circ}$  (0 to  $32^{\circ}$ ) in anatomical and imperfect reduction ( $p = 0,008$ ). There was no association between anterior roof arc angle and reduction quality.

A recent cadaveric study showed that the weight-bearing area corresponds to a medial roof-arc angle less than  $46^{\circ}$ , an anterior roof-arc angle less than  $52^{\circ}$  or posterior roof-arc angle less than  $61^{\circ}$  [16]. Using these values a significant association between unsatisfactory reduction and posterior roof arc angle  $< 61^{\circ}$  was found. For anterior roof arc angle  $< 52^{\circ}$  and medial roof arc angle  $< 46^{\circ}$  no significant association with unsatisfactory reduction was found.

Posterior roof arc angle  $< 61^{\circ}$  was associated with roof impaction ( $p = 0,001$ ) and posterior impaction ( $p = 0,03$ ). Medial roof arc angle  $< 46^{\circ}$  was associated with roof impaction ( $p = 0,009$ ). No associations between anterior roof arc angle  $< 52^{\circ}$  and anterior impaction or roof impaction were found.



### *Early total hip replacement (<6 months)*

An early total hip replacement (less than 6 months) was performed in 14 patients (9%) because of bad clinical results (unsatisfactory reduction (n=13), osteonecrosis (n=1) or hip luxation (n=3)). The same prognostic factors were studied using univariate and multivariate analysis to identify any association with early total hip replacement (<6 months). Only roof impaction (p = 0,01; OR = 2,34; CI95% [1,73-16,9]) and unsatisfactory reduction (p = 0,001; OR = 3,87; CI95% [2,95-12,93]) were statistically associated with early total hip replacement.

### **Discussion:**

This study is original because we formulated the problem in a different way than most studies published so far. If an unsatisfactory reduction is associated with bad clinical outcomes, what could predict difficulties in ORIF and so a high risk of unsatisfactory reduction in acetabular fractures treatment?

Many studies analyzed the relationship between prognostic factors and outcome after acetabular fractures but none of them are specifically about the prognostic factors of the reduction quality. A recent literature review has identified 16 publications which discussed radiological parameters identified as potential indicators of poor outcome after ORIF [17]. These studies have identified 5 radiological parameters which could be considered as possible indicators of poor prognosis: comminution of posterior wall fractures, marginal impaction associated with posterior wall fractures, articular impaction injury involving the medial radiological roof (Gull sign), impaction injury to the femoral head and dislocation of the hip [18]. Imperfect reduction is the most commonly accepted prognostic factor of bad clinical

outcome. This could be explained by biomechanical studies that demonstrate the association between imperfect reduction and abnormal joint-loading parameters. Imperfect reduction after posterior wall fracture would create an increase in contact area, maximum pressure and contact force in the roof of the acetabulum [19]. Secondary congruence after both-column acetabular fracture creates significant modification in the joint parameters such as an increase in contact area, mean pressure and peak pressure in the roof, an increase in mean and peak pressure in the posterior region and a decrease in the anterior region [20].

We found 37 % of imperfect reduction after ORIF. In a recent meta-analysis, Giannoudis and al analysed a total of 24 studies and 2424 fractures. Authors found unsatisfactory reduction in 348 fractures (14,4%) [21]. This finding could be explained by the fact that we used CT scans to assess reduction quality after ORIF. Many studies have shown the superiority of CT scans compared to plain radiographs to allow detection of residual articular incongruities in acetabular fractures [11,22].

### *Surgeon in training*

Surgeon in training was identified as a risk factor for unsatisfactory reduction. The learning curve in acetabular fracture surgery can explain this result. According to Matta and al, a learning curve with at least 50 acetabular fracture surgeries is necessary to get 60% of anatomical reduction [2].

### *Transverse + posterior wall fracture*

Series in the literature are not comparable because of the differences in the way to assess reduction quality (plain radiographs or CT-scans) and only a few series studied the

relationship between fracture pattern and reduction quality. Contrary to our findings, Mears and Matta found that both column and T-type fractures had the least accuracy of reduction [23,24]. In our experience, transverse + posterior wall fracture are difficult to reduce because of the fracture line through both columns and the frequent roof impaction.

#### *Roof impaction and scanographic roof arc angle*

Integrity of the weight-bearing dome of the acetabulum is an important prognostic factor. The roof arc angle is a radiological parameter used to evaluate the fracture location through the weight-bearing dome of the acetabulum. . It corresponds to the fusion between two radiological parameters described by Matta: the computerized tomography subchondral arc and the radiographic roof arc angle [13-15]. The first one was described as computer tomography of the superior 10 mm of the acetabular articular surface, which corresponds to the area equivalent to roof arc measurements of 45 degrees [15]. The second one was described as the angle which is formed by a vertical line through the rotational center of the acetabulum and a line between the rotational center of the acetabulum to the point where the fracture crosses the acetabular dome on three X-rays views: anteroposterior (AP), obturator oblique and iliac oblique with an anterior, a posterior and a medial roof-arc angle [8, 13,14,16]. Matta and al noted that fracture with a medial or posterior roof-arc angle of 30° or less or an anterior roof arc angle of 20° or less were usually associated with a poor result [14,15]. Øvre and al showed that the location of fracture lines in the acetabular dome, expressed as the “roof arc score”, was more important than the residual step for 2 years clinical outcome [8]. Using values described in a recent cadaveric study a significant association between unsatisfactory reduction and posterior roof arc angle < 61° was found [16]. Posterior and medial scanographic roof arc angles were associated with roof impaction.

The main limitation in this study is the lack of statistical power because of the low number of patients included. Even if with 156 acetabular fractures included, our series can be considered as an important series when compared to the literature, subgroup analyses are not sufficient to prove statistical association in the majority of cases. Data should be collected prospectively over 10 years and new study should be performed. However, we identified three risk factors of unsatisfactory reduction in our practice. New modalities in acetabular fracture treatment such as computer-assisted surgery i.e. virtual preoperative planning or custom-made plates could be used in these cases [25].

**Conclusion:**

Three independent prognostic factors associated with a risk of unsatisfactory reduction in ORIF for acetabular fractures were identified: roof impaction, transverse + posterior wall fracture and surgeon in training. New modalities in acetabular fracture treatment such as computer-assisted surgery i.e. virtual preoperative planning or custom-made plates could be used in these cases. Scanographic roof arc angle seems to be a new prognostic factor in acetabular fracture surgery. More studies are necessary to confirm these results

## References :

- [1] Judet R, Judet J, Letournel E (1964) Fractures of the acetabulum: classification and surgical approaches for open reduction. Preliminary report. *J Bone Joint Surg Am* 46: 1615-46.
- [2] Matta JM, Merritt PO (1988) Displaced acetabular fractures. *Clin Orthop Relat Res* 230 : 83-97.
- [3] Tonetti J (2013) Management of recent unstable fractures of the pelvic ring. An update conference supported by the Club Bassin Cotyle. (Pelvis-Acetabulum Club). *Orthop Traumatol Surg Res* 99 : S77-86. doi: 10.1016/j.otsr.2012.11.013.
- [4] Duquennoy A, Senegas J, Augereau B, Copin G, Delcour JP, Durandea A, Geneste R, Koechlin P, Mazas F, Prado R, Schnepf J, Tillie B (1982) Fractures of the acetabulum. Results 5 years later. Round table. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 68 : S45-82.
- [5] Kreder HJ, Rozen N, Borkhoff CM, Laflamme YG, McKee MD, Schemitsch EH, Stephen DJ (2006) Determinants of functional outcome after simple and complex acetabular fractures involving the posterior wall. *J Bone Joint Surg Br* 88 :776-82.
- [6] Bhandari M, Matta J, Ferguson T, Matthys G (2006) Predictors of clinical and radiological outcome in patients with fractures of the acetabulum and concomitant posterior dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 88 :1618-24.
- [7] Wright R, Barrett K, Christie MJ, Johnson KD (1994) Acetabular fractures : long-term follow-up of open reduction and internal fixation. *J Orthop Trauma* 8 :397-403.
- [8] Øvre S, Madsen JE, Røise O (2008) Acetabular fracture displacement, roof arc angles and 2 years outcome. *Injury* 39 :922-31. doi: 10.1016/j.injury.2007.12.006.

- [9] Dunet B, Tournier C, Billaud A, Lavoinnie N, Fabre T, Durandeau A (2013) Acetabular fracture: long-term follow-up and factors associated with secondary implantation of total hip arthroplasty. *OrthopTraumatolSurg Res* 99 : 281-90. doi: 10.1016/j.otsr.2012.12.018.
- [10] Murphy D, Kalischer A, Rice J, McElwain JP (2003) Outcome after acetabular fracture. Prognostic factors and their inter-relationships. *Injury* 34 : 512-517.
- [11] Borrelli J Jr, Ricci WM, Steger-May K, Totty WG, Goldfarb C (2005) Postoperative radiographic assessment of acetabular fractures. A comparison of plain radiographs and CT scans. *J Orthop Trauma* 19 : 299-304.
- [12] Letournel E (1980) Acetabulum fractures: classification and management. *Clin Orthop* 151 : 81-106.
- [13] Matta JM, Anderson LM, Epstein HC, Hendricks P (1986) Fractures of the acetabulum : a retrospective analysis. *Clin Orthop* 205 : 241-250
- [14] Matta JM (1996) Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury. *J Bone Joint Surg Am* 78 :1632-45.
- [15] Olson SA, Matta JM (1993) The computerized tomography subchondral arc: a new method of assessing acetabular articular continuity after fracture (a preliminary report). *J Orthop Trauma* 7 :402-13.
- [16] Chuckpaiwong B, Suwanwong P, Harnroongroj T (2009) Roof-arc angle and weight-bearing area of the acetabulum. *Injury* 40 :1064-6. doi: 10.1016/j.injury.2009.01.016.
- [17] Ferguson TA, Patel R, Bhandari M, Matta JM (2010) Fractures of the acetabulum in patients aged 60 years and older: an epidemiological and radiological study. *J Bone Joint Surg Br* 92 : 250-7. doi: 10.1302/0301-620X.92B2.22488.

- [18] Anglen JO, Burd TA, Hendricks KJ, Harrison P (2003) The ‘Gull sign’: a harbinger of failure for internal fixation of geriatric acetabular fractures. *J Orthop Trauma* 17 : 625-634.
- [19] Olson SA, Bay BK, Chapman MW, Sharkey NA (1995) Biomechanical consequences of fracture and repair of the posterior wall of the acetabulum. *J Bone Joint Surg Am* 77 :1184-92.
- [20] Levine RG, Renard R, Behrens FF, Tornetta P 3<sup>rd</sup> (2002) Biomechanical consequences of secondary congruence after both-column acetabular fracture. *J Orthop Trauma* 16 :87-91.
- [21] Giannoudis PV, Grotz MR, Papakostidis C, Dinopoulos H (2005) Operative treatment of displaced fractures of the acetabulum. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Br* 87 : 2-9.
- [22] Jaskolka DN, Di Primio GA, Sheikh AM, Schweitzer ME (2014) CT of preoperative and postoperative acetabular fractures revisited. *J Comput Assist Tomogr* 38 :344-7. doi: 10.1097/RCT.0b013e3182ab384a.
- [23] Mears DC, Velyvis JH, Chang CP (2003) Displaced acetabular fractures managed operatively: indicators of outcome. *ClinOrthopRelat Res* 407 :173-86.
- [24] Matta JM (1996) Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury. *J Bone Joint Surg Am* 78 :1632-45.
- [25] Cimerman M, Kristan A (2007) Preoperative planning in pelvic and acetabular surgery : The value of advanced computerised planning modules. *Injury* 38 : 442-449.

Table 1: Main epidemiological, clinical and radiological data about population of the series.

<b>Fracture patterns</b>	<b>Population n = 156</b>
<b><i>Elementary</i></b>	<b>46 (30%)</b>
Posterior wall	29 (19%)
Posterior column	1 (< 1%)
Anterior wall	0 (0%)
Anterior column	11 (7%)
Transverse	5 (3%)
<b><i>Associated</i></b>	<b>107 (70%)</b>
Posterior column + posterior wall	11 (7%)
Transverse + posterior wall	34 (22%)
T-shaped	9 (6%)
Anterior + posterior hemitransverse	28 (18%)
Both-column	25 (16%)
Unknown	3 (2%)



Table 2: Results of surgical management.

<b>Variable*</b>	<b>Whole period study (2005-2014) n = 156</b>
Length of hospital stay*	20,6 +/- 11
Delay injury to surgery*	6,2 +/- 4
Operation time*	128 +/- 56
<i>Surgeon experience (%)</i>	
Senior	98 (63%)
In training	58 (37%)
<i>Reduction quality (%)</i>	
Anatomical (0-1mm)	56 (39%)
Imperfect (2-3mm)	34 (24%)
Poor (> 3mm)	52 (37%)
Not documented	14 (9%)
<i>Surgical approach (%)</i>	
Kocher-Langenbeck (KL)	88 (56%)
Iliioinguinal (II)	38 (24%)
Both KL and II	19 (12%)
Iliofemoral	7 (4%)
<i>Internal fixation (%)</i>	
Pelvic reconstruction plates	71 (46%)
Pelvic reconstruction plates with single screws	45 (29%)
Pelvic reconstruction plates with spring plate	14 (9%)
Other	26 (17%)
* quantitative values as mean +/- standard deviation	

Table 3: Association between prognostic factors and unsatisfactory reduction using univariate analysis and multivariate logistic regression analysis. Significant results only are presented.

<b>Prognostic factors</b>	<b>p-value</b>	<b>Odd-Ratio* (OR)</b>	<b>95% confidence interval (CI) for OR</b>
<b><i>Univariate analysis</i></b>			
Body-Mass Index > 28	0,01	1,65	1,06-4,73
Associated patterns	0,001	1,52	1,02-4,52
Transverse + posterior wall	0,0001	2,34	1,70-6,87
Roof impaction	0,0001	7,76	2,63-21,78
Surgeon in training	0,02	1,45	1,09-4,32
* Brut OR (univariate analysis)			
<b><i>Multivariate analysis</i></b>			
Body-Mass Index > 28	0,29	1,48	0,53-4,14
Associated patterns	0,07	1,34	0,46-4,09
Transverse + posterior wall	<b>0,03</b>	<b>2,52</b>	<b>1,46-13,65</b>
Roof impaction	<b>0,001</b>	<b>6,59</b>	<b>2,01-20,97</b>
Surgeon in training	<b>0,02</b>	<b>1,24</b>	<b>1,07-3,32</b>
* Adjusted OR (multivariate analysis)			

**Part 3: Computer-assisted surgery in acetabular fractures: virtual fracture reduction of the acetabulum using a rigid body biomechanical model.**

M. Boudissa<sup>1,2</sup>, H. Oliveri<sup>2</sup>, M. Chabanas<sup>2</sup>, J. Tonetti<sup>1</sup>

*1. Orthopedic and Traumatology Surgery Department, Grenoble University Hospitals, Northern Hospital, 38700 La Tronche, Joseph Fourier University, Grenoble, France.*

*2. TIMC-IMAG lab, Univ. Grenoble Alpes, CNRS UMR 5525, France*

Boudissa Mehdi, Orthopedic and Traumatology Surgery Department, Grenoble University Hospitals, Boulevard de la Chantourne 38700 La Tronche, Fax number : +33476765218, Phone number : +33601046824, e-mail address: mboudissa@chu-grenoble.fr

**Conflicts of Interest and Source of Funding:** The authors declare that they have no conflicts of interest concerning this article

## **Summary :**

*Purposes* Several preoperative planning tools in computer-assisted surgery in acetabular fractures have been proposed. Moreover, all these preoperative planning tools are based on geometrical repositioning with their own limitations. The aim of this study was to evaluate the value of our prototype virtual planning tool using a rigid biomechanical model to predict failure in fracture reduction.

*Methods* A biomechanical simulation for two “transverse” pattern fractures operated in our institution was performed. Reduction quality was assessed on post-operative CT scans. A 3D model of the acetabular fracture was build out of the CT images using the non-commercial software Itksnap. Then a biomechanical model implemented within the non-commercial Artisynt framework was used to perform virtual reduction. Surgical approach and surgical strategy according to the operative report were analyzed and simulated.

*Results* The same reductions were obtained during surgery and biomechanical simulation in the two cases. For one of them, the reduction achieved was anatomical and so was the simulation. For the other, surgery was performed two times. The first reduction achieved was unsatisfactory using a posterior Kocher-Langenbeck approach and the second reduction achieved was imperfect using an ilio-inguinal approach. The biomechanical simulation found similar results using the same surgical strategy.

*Conclusions* Our virtual planning tool using a rigid biomechanical model can predict failure in fracture reduction according to the surgical approach and the surgical strategy for simple acetabular fractures such as “transverse” patterns. Larger studies on several fracture patterns are necessary to valid these preliminary results.

*Level of Evidence* Level 4 retrospective study

**Keywords:** acetabular fracture, preoperative planning, computer assisted virtual surgery; biomechanical model

**Introduction:**

The development of imaging modalities and computer technology provides a new approach in acetabular surgery. Computer tomography (CT) scan with three-dimensional (3D) reconstruction are helpful in the description and understanding of fracture patterns [1]. Virtual preoperative planning in maxillofacial or orthopaedic surgery is well-documented [2,3]. Custom-made implants are used in total knee or total hip arthroplasty [4].

A full understanding of the fracture, based on CT images and 3D reconstructions, is required to specify the best planning, especially the surgical access(es). Several preoperative planning tools have been proposed [5-7]. The different bone fragments are first segmented in the CT images, then mobilized in 3D to simulate the fracture reduction. This result can then be used to conform osteosynthesis plates to the patient anatomy, and define the number and length of fixation screws. These authors have reported a much better understanding and definition of the surgical strategy, which lead to a significant reduction of the per-operative duration. The misunderstanding of the fracture pattern can lead to the wrong choice in the surgical approach and the failure of the fracture reduction.

All these preoperative planning tools are geometrical repositioning with their own limitations. Indeed, reducing the fracture in 3D through mouse interactions is difficult, quite non-intuitive and hardly guaranty non-penetration between fragments. An intuitive simulation of the fracture reduction using a mechanical model was developed.

The aim of this study was to evaluate whether our prototype virtual planning tool using a rigid biomechanical model can predict failure in fracture reduction according to the choice of the surgical approach and the surgical strategy.

### **Materials and Methods:**

A biomechanical simulation for two “transverse” pattern fractures operated in our institution was performed. Reduction quality was assessed on post-operative CT scans by an independent observer according to Matta (unsatisfactory reduction for articular displacement greater than 3 mm) [8]. Data from CT in DICOM format were used. A 3D model of the hip bones, including separated fragments, was first build out of the CT images. Semi-automatic segmentation procedures were performed using the non-commercial software itksnap to perform automatic threshold, region growing with active contours and finally manual refinements [9].

To simulate the surgical procedure a mechanical model of the hip joint bony elements was used, implemented within the non-commercial Artisynt framework [10]. Each bone fragment is considered as an independent rigid body. One of them is usually considered as fixed, e.g. the anterior or posterior column and/or the femoral head. Collisions are handled to ensure non-penetration between elements. The action of a clamp and Schanz screw are simulated in translation and rotation with collisions response. In reality, the soft tissues apply heavy constraints to the bones during their repositioning. A first approximation is to add a strong global damping to the all system. This high resistance ensures the response to collisions and numerical instabilities are very low in comparison to the forces directly applied to the bones. The soft tissue environment i.e the hip capsule, the sacrospinous ligament, the inguinal ligament and the pubic symphysis are modeled (figure 1).

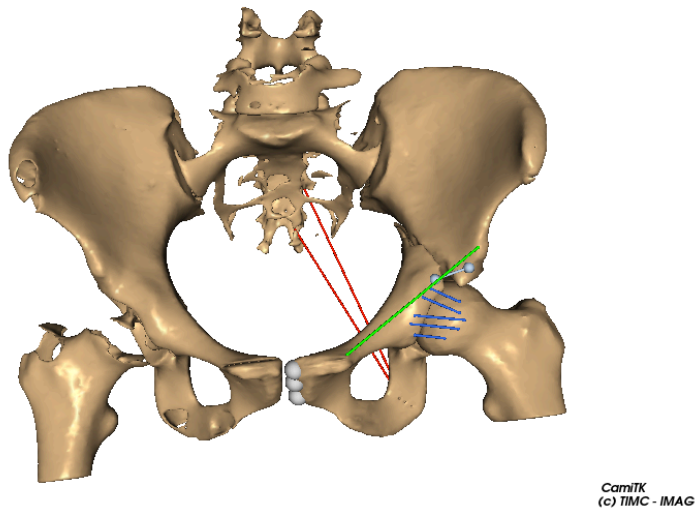


Figure 1: Biomechanical model of the first case with the soft tissue environment : hip capsule (blue), sacrospinous ligaments (red), inguinal ligament (green) and pubic symphysis (grey circle).

Surgical approach and surgical strategy according to the operative report were analyzed and simulated. The final reductions using our virtual preoperative planning tool were compared with the post-operative CT scans. The final result in term of reduction quality was studied.



## Results :

The first case is a transverse with posterior wall fracture (figure 2).

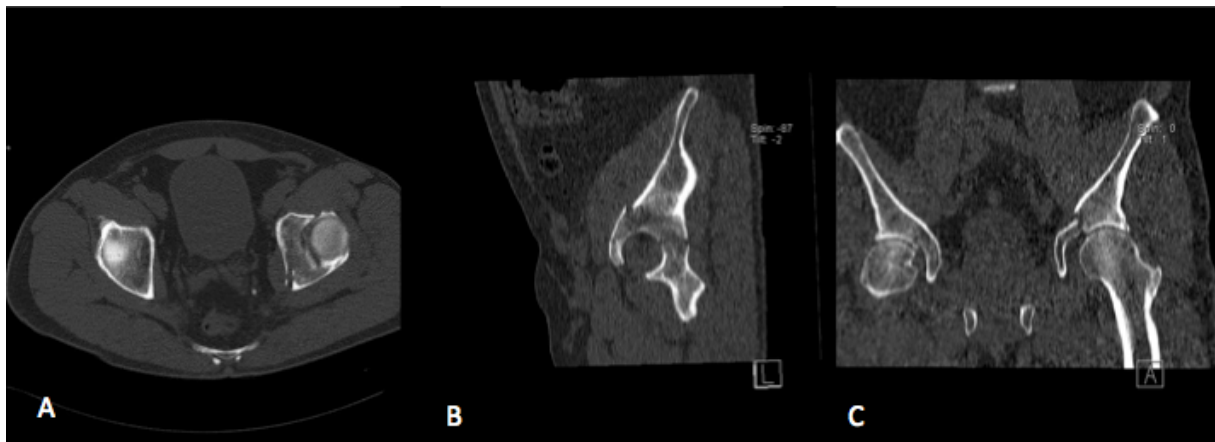


Figure 2: pre-operative CT scan for case 1 (transverse + posterior wall fracture). Axial view (A), sagittal view (B) and coronal view (C).

During segmentation process we decided to keep the posterior wall fixed to the iliac bone because it was undisplaced (figure 3).

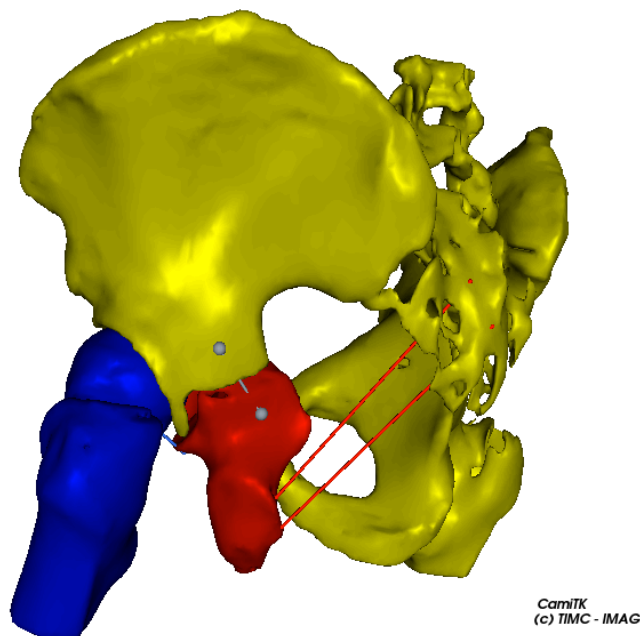


Figure 3: 3D model reconstruction of the case 1 in posterior view. The posterior wall is segmented with the iliac bone because it was undisplaced.

During surgery, a Kocher-Langenbeck approach was performed. According to the operative report, a satisfactory reduction was obtained with the association of a Jungbluth clamp and a Schanz screw in the distal part of the ischium (figure 4).

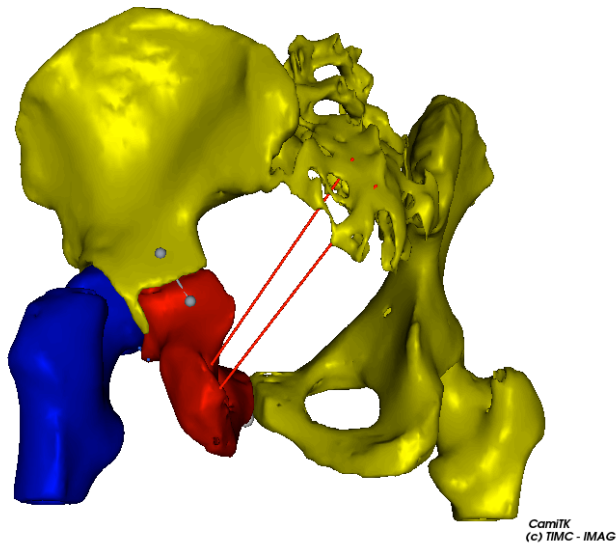


Figure 4: Reduction obtained with simulation of a Jungbluth clamp and a Schanz' screw.

Surgery was simulated with our biomechanical model. The same final result was obtained (figure 5).

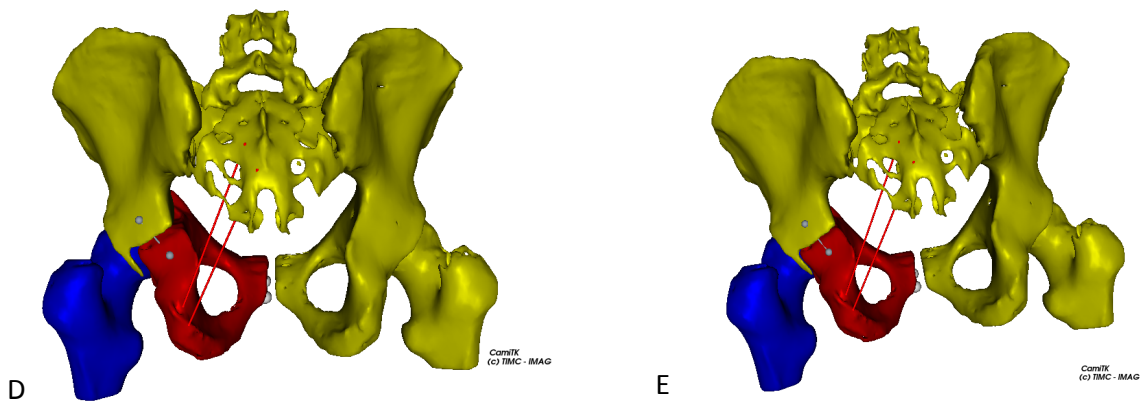
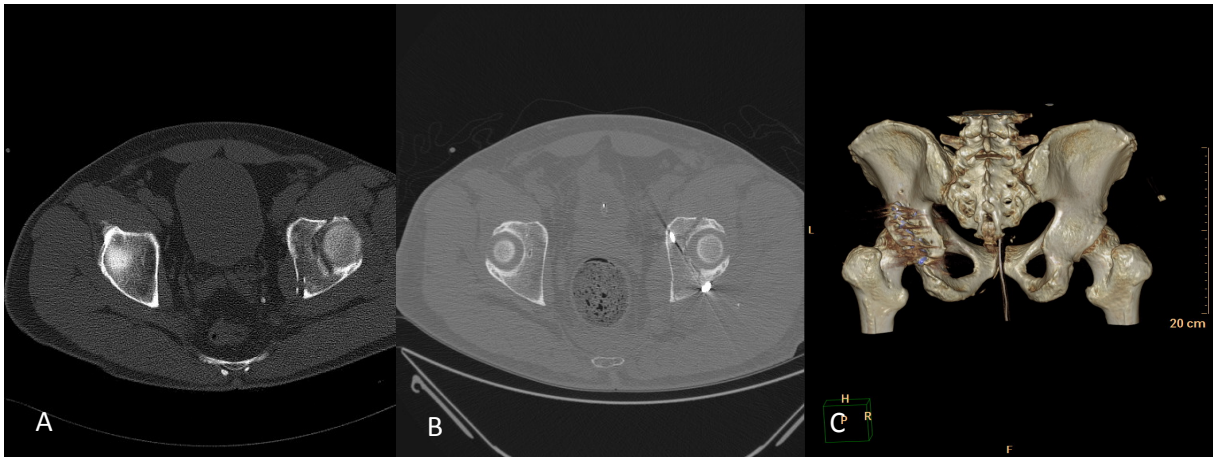


Figure 5: Simulation results for case 1: pre-operative CT-scan axial view (A), post-operative CT-scan axial view (B), post-operative 3D reconstruction in posterior view (C), 3D model for simulation in posterior view before (D) and after (E) simulation.

The second case is a transverse fracture which was operated two times (figure 6).

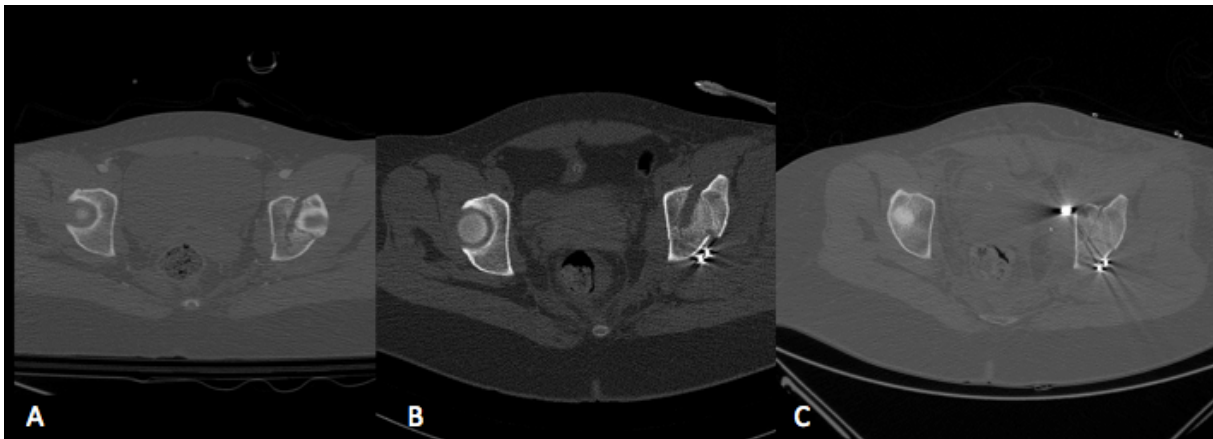


Figure 6: Case 2, pre-operative CT axial view(A), post-operative CT axial view after first surgery (B), post-operative CT axial view after second surgery (C).

Firstly, a Kocher Langenbeck approach was performed. The femoral head protrusion was not totally reduced. The Matta clamp was used to perform the reduction. An unsatisfactory reduction was obtained and the patient had to be operated a second time. A second approach (ilio-inguinal approach) was performed. The Matta clamp and the Picador were used in association with manual femoral traction. An imperfect reduction was obtained with an anterior gap between 2 and 3 millimeters. The same results were obtained with our biomechanical model (figure 7,8 and 9).

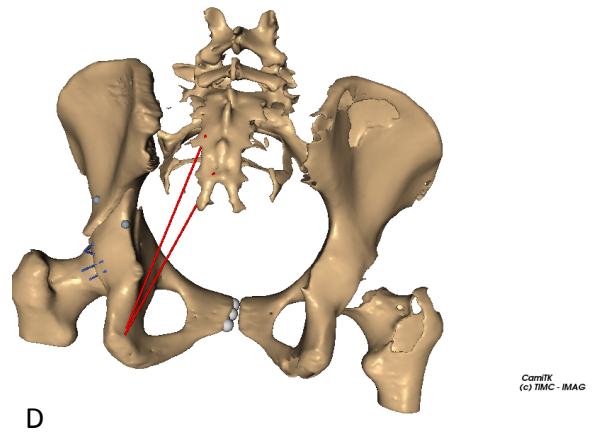
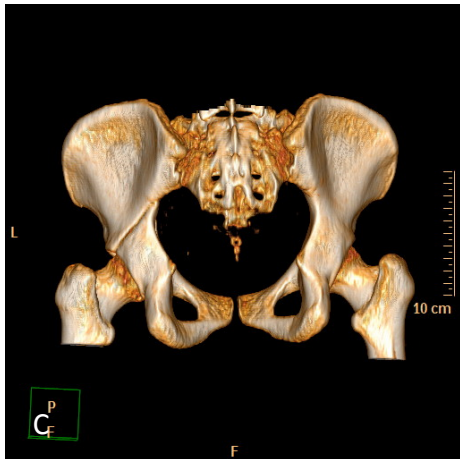
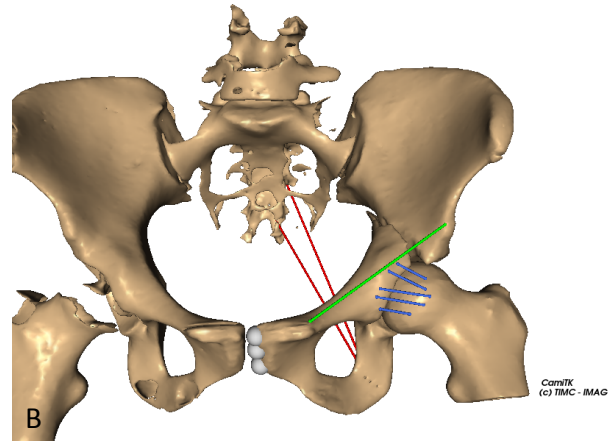
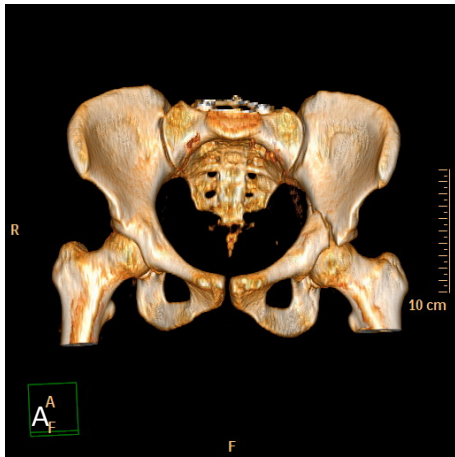


Figure 7: Simulation results for case 2: pre-operative 3D reconstruction in anterior (A) and posterior (C) view, 3D model for simulation in anterior (B) and posterior (D) view.

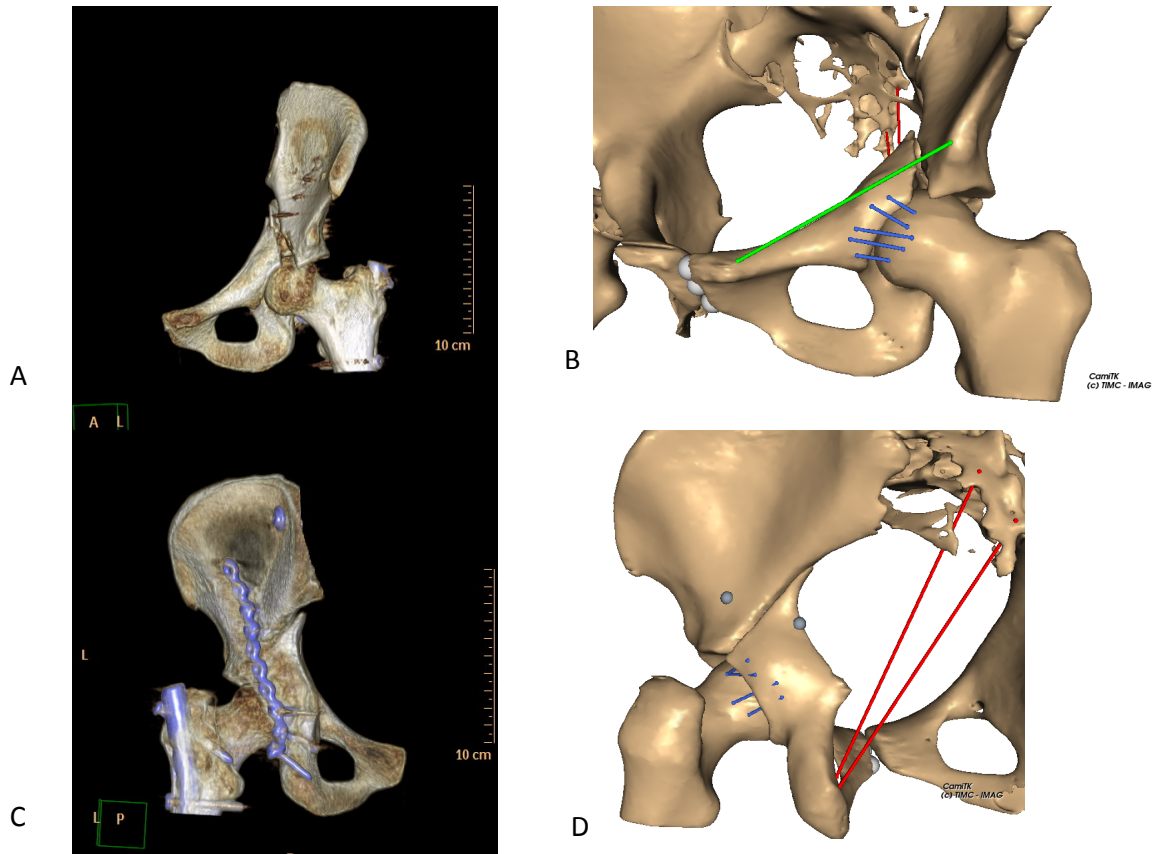


Figure 8: Simulation results for the second case after Kocher-Langenbeck approach: post-operative 3D reconstruction in anterior (A) and posterior (C) view, 3D model simulation in anterior (B) and posterior (D) view.

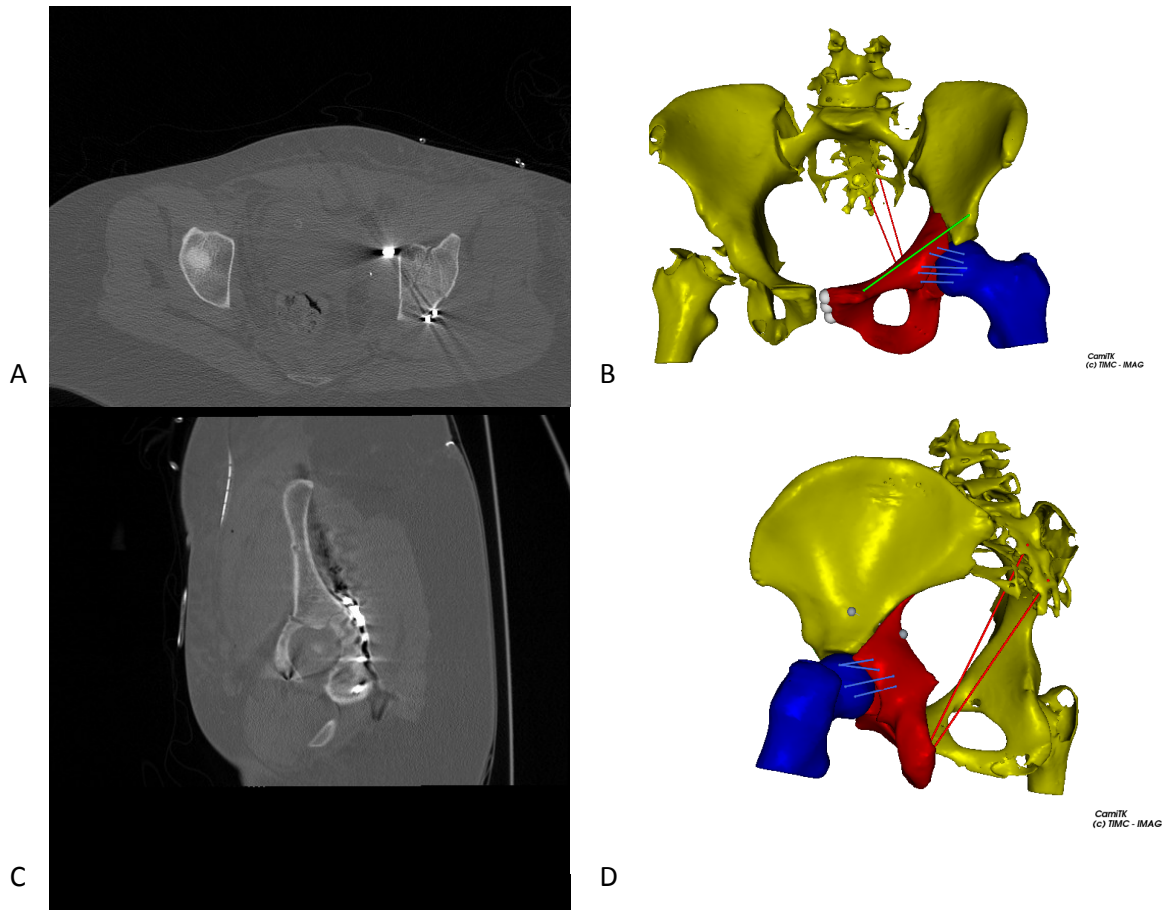


Figure 9: Simulation results for case 2 after ilio-inguinal approach: post-operative CT-scan in axial (A) and sagittal (C) view, 3D model simulation in anterior (B) and posterior (D) view.

**Discussion :**

The main interest of this planning tool is the new paradigm to simulate the procedure itself instead of the desired result. Indeed all authors in the literature propose geometrical repositioning of each bone fragment with six degrees of freedom in translation and rotation [5-7]. Cimerman and Hu use an experimental software which allow the reduction of the fracture with a mouse-based interface in all three planes [5,6]. Fornaro and al have proposed a virtual environment controlled with a haptic device

reacting to collisions [7]. However the procedure does not correspond to the real surgery. Indeed movements are not possible in all directions because of the soft tissue environment. Moreover, bone fragments can not always be considered as independent because they are bound by soft tissues such as the hip capsule or the sacrospinous ligament. Our biomechanical model corresponds to a stable anatomic environment with bone fragments, soft tissues and their interactions.

Some limitations can be pointed out. Firstly this planning tool was tested only on two “simple” pattern fractures cases (one transverse + posterior wall and one transverse fracture). Larger studies on several fracture patterns are necessary to valid these preliminary results. Secondly, the segmentation process should be improved. Indeed segmentation is a challenging and important first step for the generation of the patient-specific models for virtual planning. Because of the differences in density of injury patterns, manual refinements are often necessary what is time-consuming. In our experience, the mean duration for segmentation process was 30 minutes whereas Fornaro performed segmentation in 130 minutes, Hu performed segmentation and virtual fracture reduction in the mean time of 79 minutes [6,7]. Semi-automatic segmentation could sometimes be imperfect and so create abnormal collisions. Thirdly, we have not yet tested our planning tool in real conditions. Authors in the literature use custom-made plate according to the preoperative planning to guide fracture reduction. All studies show that duration of surgery is reduced and so is the risk of intra-articular screwing. In majority of cases the surgical approach and the fixation correspond to the simulation [11,12]. A final limitation is the difficulty to do accept computer technologies in surgery because of the cost and the lost of time during the first use of virtual planning.



Our planning tool should be also used as an educational tool for a better understanding of fracture patterns. Letournel and Judet pointed the difficulty in understanding acetabular fractures. They recommended a 3D visualization with Sawbones model preoperatively [13]. Psychological studies showed that mental readiness and cognitive preparation are essential for a successful procedure [14]. Virtual planning tool could improve understanding of fracture patterns especially for surgeons in training.

### **Conclusion :**

Our virtual planning tool using a rigid biomechanical model can predict failure in fracture reduction according to the surgical approach and the surgical strategy for simple acetabular fractures such as “transverse” patterns. It could be an effective planning tool for the surgeon to define which surgical access and in which order to reposition bone fragments. Larger studies on several fracture patterns are necessary to valid these preliminary results.

*Nous adressons nos remerciements au "coup de pouce ECCAMI" ainsi qu' à Surgiqua Institute pour le démarrage de ce projet. Remerciements également à l'équipe du laboratoire TIMC-IMAG sans qui ce projet n'aurait pas été possible.*

## References :

- [1] Guy RL, Butler-Manuel PA, Holder P, Brueton RN. The role of 3D CT in the assessment of acetabular fractures. *Br J Radiol* 1992;65:384-9.
- [2] Gellrich NC, Schramm A, Hammer B, Rojas S, Cufi D, Lagrèze W, Schmelzeisen R. Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity. *Plast Reconstr Surg* 2002;110:1417-29.
- [3] Handels H, Ehrhardt J, Plötz W, Pöppel SJ. Three-dimensional planning and simulation of hip operations and computer-assisted construction of endoprotheses in bone tumor surgery. *Comput Aided Surg* 2001;6:65-76.
- [4] Götze C, Rosenbaum D, Hoedemaker J, Bottner F, Steens W. Is there a need of custom-made prostheses for total hip arthroplasty? Gait analysis, clinical and radiographic analysis of customized femoral components. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009;129:267-74.
- [5] Cimerman M, Kristan A. Preoperative planning in pelvic and acetabular surgery : The value of advanced computerised planning modules. *Injury* 2007;38:442-449.
- [6] Hu Y, Li H, Qiao G, Liu H, Ji A, Ye F. Computer-assisted virtual surgical procedure for acetabular fractures based on real CT data. *Injury* 2011;42:1121-1124.
- [7] Fornaro J, Keel M, Harders M, Marincek B, Székely G, Frauenfelder T. An interactive surgical planning tool for acetabular fractures : initial results. *J Orthop Surg Res* 2010;4:5-50.
- [8] Matta JM, Merritt PO. Displaced acetabular fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1988;230:83-97.

- [9] Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, Gerig G. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage* 2006;31:1116-28.
- [10] Loyd J, Stavness I and Fels S. ArtiSynth: A fast interactive biomechanical modeling toolkit combining multibody and finite element simulation. *Soft Tissue Biomechanical Modeling for Computer Assisted Surgery*, pp. 355-394, Springer, 2012.
- [11] Brown GA, Milner B, Firoozbakhsh K. Application of computer-generated stereolithography and interpositioning template in acetabular fractures : a report of eight cases. *J Orthop Trauma* 2002;16:347-352.
- [12] Xu M, Zhang LH, Zhang YZ, Zhang LC, He CQ, Wang Y, Tang PF. Custom-made locked plating for acetabular fracture : a pilot study in 24 consecutive cases. *Orthopedics* 2014;7:660-667.
- [13] Letournel E, Judet R. *Fractures of the acetabulum*. Elson RAT, editor, translator. 2<sup>nd</sup> ed. Berlin:Springer-Verlag;1993.
- [14] Pahuta MA, Schemitsch EH, Backstein D, Papp S, Gofton W. Virtual fracture carving improves understanding of a complex fracture: a randomized controlled study. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:1-7.

THESE SOUTENUE PAR : BOUDISSA MEHDI

TITRE : Epidémiologie, facteurs pronostics et simulation chirurgicale des fractures de l'acétabulum traitées par ostéosynthèse. A propos d'une cohorte continue de 156 patients.

### CONCLUSION

**Introduction:** L'objectif de ce travail était d'identifier les caractéristiques épidémiologiques des ostéosynthèses de l'acétabulum d'une cohorte continue de 156 patients; d'identifier les facteurs pronostiques corrélés à une mauvaise réduction; et d'évaluer notre simulateur chirurgical basé sur un modèle biomécanique.

**Methodes:** Les données épidémiologiques, cliniques et radiologiques des patients inclus entre 2005 et 2014 étaient analysées. Des facteurs pronostiques, cliniques et radiologiques étaient recherchés par une analyse statistique de régression logistique. Une simulation basée sur un modèle biomécanique était réalisée pour deux fractures "transverses" ostéosynthésées dans notre institution.

**Résultats:** 156 patients d'âge moyen 40,3 ans (17-80) étaient inclus. Les fractures les plus souvent ostéosynthésées étaient représentées par les transverses + paroi postérieure (22%) suivies par les parois postérieures isolées (19%). Une mauvaise réduction était retrouvée dans 37% des cas. L'impaction cartilagineuse du toit ( $p = 0,001$ ; OR = 6,59; IC95% [2,01-20,97]), la fracture transverse + paroi postérieure ( $p = 0,03$ , OR = 2,52; IC95% [1,46-13,65]) et le chirurgien en formation ( $p = 0,02$ ; OR = 1,24; IC95% [1,07-3,32]) étaient associés à une mauvaise réduction. La réduction obtenue par le simulateur était comparable à celle obtenue par l'acte chirurgical.

**Conclusion:** L'impaction cartilagineuse du toit, la fracture transverse + paroi postérieure et l'expérience chirurgicale sont trois facteurs indépendants de mauvaise réduction des fractures de l'acétabulum. Notre simulateur expérimental basée sur un modèle biomécanique permet de prédire les difficultés de réduction fracturaire.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Grenoble, le 21/9/2015

LE DOYEN



J.P. ROMANET

LE PRESIDENT DE LA THESE



**HOPITAL SUD de GRENOBLE**  
Clinique de Chirurgie Orthopédique  
Traumatologie du Sport, Urgences  
**Professeur D. SARAGAGLIA**  
Avenue de Kimberley - B.P. 338  
38434 ÉCHIROLLES Cedex

PROFESSEUR SARAGAGLIA

## Annexe 1 : Score ISS

I - Tête et cou	<i>0 point: Pas de Lésion</i>
2- Face	<i>1 point: Blessure légère</i>
3- Thorax	<i>2 points: Blessure modérée</i>
4- Abdomen, organes pelviens	<i>3 points: Blessure sérieuse</i> <i>4 points: Blessure grave</i>
5- Extrémités, ceinture pelvienne	<i>5 points Lésions mettant en jeu Le pronostic vital</i>
6- Atteintes superficielles	

Prendre les trois régions les plus touchées

Si les trois régions donnent 5 points l'ISS est par définition à 75

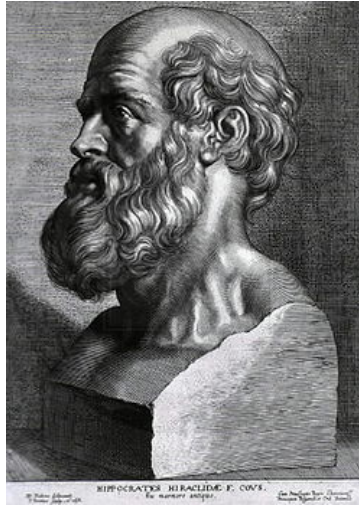
$$ISS = (AISa)^2 + (AISb)^2 + (AISc)^2$$

a, b, c = Les trois zones anatomiques Le plus gravement atteintes.

(AIS a, b, c,) = degré de sévérité AIS le plus élevé pour chacune des régions a, b, c.

*Adapté de:*

Baker SP, O'Neill B, Haddon W Jr, Long WB - The injury severity score: a method for describing patients w  
care. J Trauma 1974;14(3):187-96



## **SERMENT D'HIPPOCRATE**

*En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'HIPPOCRATE,*

*Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.*

*Je donnerai mes soins gratuitement à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail. Je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.*

*Admis dans l'intimité des maisons, mes yeux n'y 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.*

*Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.*

*Je garderai le respect absolu de la vie humaine.*

*Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.*

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

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.*

*Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.*

## RESUME

**Introduction:** L'objectif de ce travail était d'identifier les caractéristiques épidémiologiques des ostéosynthèses de l'acétabulum d'une cohorte continue de 156 patients; d'identifier les facteurs pronostiques corrélés à une mauvaise réduction; et d'évaluer notre simulateur chirurgical basé sur un modèle biomécanique.

**Methodes:** Les données épidémiologiques, cliniques et radiologiques des patients inclus entre 2005 et 2014 étaient analysées. Des facteurs pronostiques, cliniques et radiologiques étaient recherchés par une analyse statistique de régression logistique. Une simulation basée sur un modèle biomécanique était réalisée pour deux fractures "transverses" ostéosynthésées dans notre institution.

**Résultats:** 156 patients d'âge moyen 40,3 ans (17-80) étaient inclus. Les fractures les plus souvent ostéosynthésées étaient représentées par les transverses + paroi postérieure (22%) suivies par les parois postérieures isolées (19%). Une mauvaise réduction était retrouvée dans 37% des cas. L'impaction cartilagineuse du toit ( $p = 0,001$ ; OR = 6,59; IC95% [2,01-20,97]), la fracture transverse + paroi postérieure ( $p = 0,03$ , OR = 2,52; IC95% [1,46-13,65]) et le chirurgien en formation ( $p = 0,02$ ; OR = 1,24; IC95% [1,07-3,32]) étaient associés à une mauvaise réduction. La réduction obtenue par le simulateur était comparable à celle obtenue par l'acte chirurgical. **Conclusion:** L'impaction cartilagineuse du toit, la fracture transverse + paroi postérieure et l'expérience chirurgicale sont trois facteurs indépendants de mauvaise réduction des fractures de l'acétabulum. Notre simulateur expérimental basée sur un modèle biomécanique permet de prédire les difficultés de réduction fracturaire

**Mots-clés:** fractures de l'acetabulum, ostéosynthèse, épidémiologie, facteurs pronostiques, planification, simulateur biomécanique.



