2020-2021

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Qualification en Chirurgie Orthopédique et Traumatologique

Medial unicompartmental knee arthroplasty and bone microarchitecture of the proximal tibia studied by X-ray texture analysis

Prothèses unicompartimentales médiales de genou et microarchitecture osseuse du tibia proximal étudiée grâce à une analyse de texture de radiographies :

A prospective observational study on 61 patients

Etude observationnelle prospective sur 61 patients

PELLETIER Simon

Né le 18/02/1992 à ANGERS (49)

Sous la direction de M. le Docteur Henri ROBERT

Membres du jury

Monsieur le Professeur CHAPPARD Daniel	Président
Monsieur le Docteur ROBERT Henri	Directeur
Madame le Professeur SERVIEN Elvire	Membre
Monsieur le Professeur DUBRANA Frédéric	Membre
Monsieur le Docteur DUCELLIER Florian	Membre
Monsieur le Docteur RONY Louis	Membre

Soutenue publiquement le :
02/06/2021

FACULTÉ DE SANTÉ
UNIVERSITÉ D'ANGERS

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné PELLETIER Simon,
déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publié sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant le **04/05/2021**

LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTÉ DE SANTÉ D'ANGERS

Doyen de la Faculté : Pr Nicolas Lerolle
Vice-Doyen de la Faculté et directeur du département de pharmacie : Pr Frédéric Lagarce
Directeur du département de médecine : Pr Cédric Annweiler

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

ABRAHAM	Pierre	Physiologie	Département de physiologie et explorations fonctionnelles
ANNWEILER	Cédric	Gériatrie et biologie du vieillissement	Service de gériatrie
ASFAR	Pierre	Médecine intensive - réanimation	Département de Réanimation médicale et de médecine hyperbare
AUBE	Christophe	Radiologie et imagerie médicale	Département de Radiologie
AUGUSTO	Jean-François	Néphrologie	Département de néphrologie-dialyse-transplantation
AZZOUZI	Abdel Rahmène	Urologie	Service d'Urologie
BELLANGER	William	Médecine générale	Département de Médecine Générale
BAUFRETON	Christophe	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire	Service de Chirurgie cardiaque
BIGOT	Pierre	Urologie	Service d'Urologie
BONNEAU	Dominique	Génétique	Département de biochimie et génétique
BOURSIER	Jérôme	Gastroentérologie ; hépatologie	Service d'hépatologie-gastroentérologie et oncologie digestive
BOUCHARA	Jean-Philippe	Parasitologie et mycologie	Département de biologie des agents infectieux et pharmaco-toxicologie
BOUVARD	Béatrice	Rhumatologie	Département de rhumatologie
BRIET	Marie	Pharmacologie	Département de biologie des agents infectieux et pharmaco-toxicologie
CALES	Paul	Gastro-entérologie ; hépatologie	Service d'hépatologie-gastroentérologie et oncologie digestive
CAMPONE	Mario	Cancérologie ; radiothérapie	Institut de Cancérologie de l'Ouest Paul Papin
CAROLI-BOSC	François-Xavier	Gastro-entérologie ; hépatologie	Service d'hépatologie-gastroentérologie et oncologie digestive
CHAPPARD	Daniel	Cytologie et histologie	Laboratoire GEROM - IBS
CONNAN	Laurent	Médecine générale	Département de Médecine Générale
COPIN	Marie-Christine	Anatomie et cytologie pathologiques	Département de pathologie cellulaire et tissulaire
COUTANT	Régis	Pédiatrie	Pôle Femme-mère-enfant - fédération de pédiatrie
CUSTAUD	Marc-Antoine	Physiologie	Département de physiologie et explorations fonctionnelles
DE CASABIANCA	Catherine	Médecine générale	Département de Médecine Générale
DESCAMPS	Philippe	Gynécologie-obstétrique	Fédération de Gynécologie obstétrique
D'ESCATHA	Alexis	Médecine et santé au travail	Centre antipoison et de toxicovigilance
DINOMAIS	Mickaël	Médecine physique et de réadaptation	CRRRF les Capucins
DIQUET	Bertrand	Pharmacologie	Département de biologie des agents infectieux et pharmaco-toxicologie
DUBEE	Vincent	Maladies infectieuses	Service des maladies infectieuses et Tropicales et médecine interne
DUCANCELLE	Alexandra	Bactériologie-virologie	Département de biologie des agents infectieux et pharmaco-toxicologie
DUVERGER	Philippe	Pédopsychiatrie	Unité de pédopsychiatrie
FOURNIER	Henri-Dominique	Anatomie	Département de Neurochirurgie
FURBER	Alain	Cardiologie	Service de Cardiologie
GAGNADOUX	Frédéric	Pneumologie	Service de Pneumologie
GARNIER	François	Médecine générale	Département de Médecine Générale
GASCOIN	Géraldine	Pédiatrie	Pôle Femme-mère-enfant - fédération de pédiatrie
GOHIER	Bénédicte	Psychiatrie d'adultes	Département de Psychiatrie d'adultes
GUARDIOLA	Philippe	Hématologie ; transfusion	Service des Maladies du Sang
HAMY	Antoine	Chirurgie générale	Service de Chirurgie Viscérale

HENNI	Samir	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire	Service de médecine vasculaire
HUNAULT-BERGER	Mathilde	Hématologie ; transfusion	Service des Maladies du Sang
IFRAH	Norbert	Hématologie ; transfusion	Service des Maladies du Sang
JEANNIN	Pascale	Immunologie	Laboratoire d'immunologie et allergologie
KEMPF	Marie	Bactériologie-virologie	Département de biologie des agents infectieux
LACCOURREYE	Laurent	Oto-rhino-laryngologie	Service d'ORL et chirurgie cervico-faciale
LASOCKI	Sigismond	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire	Pôle d'Anesthésie-réanimation
LEGENDRE	Guillaume	Gynécologie-obstétrique	Pôle Femme-Mère-Enfant - fédération de gynécologie-obstétrique
LEGRAND	Erick	Rhumatologie	Département de Rhumatologie
LERMITE	Emilie	Chirurgie générale	Service de Chirurgie Viscérale
LEROLLE	Nicolas	Médecine intensive - réanimation	Département de Réanimation médicale et de médecine hyperbare
LUNEL-FABIANI	Françoise	Bactériologie-virologie	Département de biologie des agents infectieux et pharmaco-toxicologie
MARTIN	Ludovic	Dermato-vénéréologie	Service de Dermatologie
MAY-PANLOUP	Pascale	Biologie et médecine du développement et de la reproduction	Pôle Biologie
MENEI	Philippe	Neurochirurgie	Département de Neurochirurgie
MERCAT	Alain	Médecine intensive - réanimation	Département de Réanimation médicale et de médecine hyperbare
PELLIER	Isabelle	Pédiatrie	Pôle Femme-Mère-Enfant - Fédération de pédiatrie
PETIT	Audrey	Médecine et santé au travail	Service de santé au travail et pathologies professionnelles
PICQUET	Jean	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire	Service de Chirurgie vasculaire et thoracique
PODEVIN	Guillaume	Chirurgie infantile	Fédération de pédiatrie - Chirurgie pédiatrique
PROCACCIO	Vincent	Génétique	Département de biochimie et génétique
PRUNIER	Delphine	Biochimie et biologie moléculaire	Département de biochimie et génétique
PRUNIER	Fabrice	Cardiologie	Service de Cardiologie
REYNIER	Pascal	Biochimie et biologie moléculaire	Département de biochimie et génétique
RICHARD	Isabelle	Médecine physique et de réadaptation	CRRRF les Capucins
RODIEN	Patrice	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques	Département d'Endocrinologie, Diabète, Nutrition
ROQUELAURE	Yves	Médecine et santé au travail	Service santé au travail et pathologies professionnelles
ROUGE-MAILLART	Clotilde	Médecine légale et droit de la santé	Service de Médecine légale
ROUSSEAU	Audrey	Anatomie et cytologie pathologiques	Département de pathologie cellulaire et tissulaire
ROUSSEAU	Pascal	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique	Service de Chirurgie Plastique
ROUSSELET	Marie-Christine	Anatomie et cytologie pathologiques	Département de pathologie cellulaire et tissulaire
ROY	Pierre-Marie	Médecine d'Urgence	Service des urgences
SAVARY	Dominique	Médecine d'Urgence	Service des urgences
SCHMIDT	Aline	Hématologie ; transfusion	Service des Maladies du Sang
TRZEPIZUR	Wojciech	Pneumologie	Département de Pneumologie
UGO	Valérie	Hématologie ; transfusion	Laboratoire d'hématologie
URBAN	Thierry	Pneumologie	Département de Pneumologie
VAN BOGAERT	Patrick	Pédiatrie	Pôle Femme-mère-enfant - fédération de pédiatrie
VERNY	Christophe	Neurologie	Département de Neurologie - Charcot
WILLOTEAUX	Serge	Radiologie et imagerie médicale	Département de Radiologie

Liste des MCU et MCU-PH - Année universitaire 2020-2021

ANGOULVANT	Cécile	Médecine générale	Département de Médecine Générale
BEAUVILLAIN	Céline	Immunologie	Laboratoire d'immunologie
BEGUE	Cyril	Médecine générale	Département de Médecine Générale
BELIZNA	Cristina	Médecine interne	Centre Vasculaire et de la Coagulation
BELONCLE	François	Réanimation	Département de réanimation médicale et médecine hyperbare
BIERE	Loïc	Cardiologie	Service de cardiologie
BLANCHET	Odile	Hématologie ; transfusion	Laboratoire d'hématologie
BRIET	Claire	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques	Service Endocrinologie-Diabète-Nutrition
CAPITAIN	Olivier	Cancérologie ; radiothérapie	Institut de Cancérologie de l'Ouest Paul Papin
CASSEREAU	Julien	Neurologie	Département de neurologie
CHAO DE LA BARCA	Juan-Manuel	Biochimie et biologie moléculaire	Département de biochimie et Génétique
CHEVALIER	Sylvie	Biologie cellulaire	Département de pathologie cellulaire et tissulaire
COLIN	Estelle	Génétique	Département de Biochimie et Génétique
FERRE	Marc	Biologie moléculaire	Département de Biochimie et Génétique
FORTRAT	Jacques-Olivier	Physiologie	Laboratoire d'explorations fonctionnelles vasculaires
HAMEL	Jean-François	Biostatistiques ; informatique méd.	Service de biostatistiques et modélisation
HINDRE	François	Biophysique	Service de Médecine Nucléaire et Biophysique
KHIATI	Salim	Biochimie et biologie moléculaire	Département de biochimie et Génétique
JOUSSET-THULLIER	Nathalie	Médecine légale et droit de la santé	Service de Médecine légale
JUDALET-ILLAND	Ghislaine	Médecine générale	Département de Médecine Générale
KUN-DARBOIS	Daniel	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie	Service de stomatologie et chirurgie. maxillo-faciale
LEBDAI	Souhil	Urologie	Service d'Urologie
LEMEE	Jean-Michel	Neurochirurgie	Département de neurochirurgie
TEXIER-LEGENDRE	Gaëlle	Médecine générale	Département de Médecine Générale
LETOURNEL	Franck	Biologie cellulaire	Département de pathologie cellulaire et tissulaire - Neurobiologie - Neuropathol
LIBOUBAN	Hélène	Histologie	Laboratoire GEROM
LUQUE PAZ	Damien	Hématologie ; transfusion	Département d'hématologie
MABILLEAU	Guillaume	Histologie	SCIAM
MESLIER	Nicole	Physiologie	Département de Pneumologie
MIOT	Charline	Immunologie	Laboratoire d'immunologie
MOUILLIE	Jean-Marc	Philosophie	Département de Sciences Humaines
PAILHORIES	Hélène	Bactériologie-virologie	Département de Biologie des Agents Infectieux et Pharmaco-toxicologie
PAPON	Xavier	Anatomie	Service de Chirurgie vasculaire et thoracique
PASCO-PAPON	Anne	Radiologie et imagerie médicale	Département de Radiologie
PENCHAUD	Anne-Laurence	Sociologie	Département de Sciences Humaines
PIHET	Marc	Parasitologie et mycologie	Département de Biologie des Agents Infectieux et Pharmaco-toxicologie
PY	Thibaud	Médecine générale	Département de Médecine Générale
POIROUX	Laurent	Sciences infirmières	Bâtiment GIRCI
RAMOND-ROQUIN	Aline	Médecine générale	Département de Médecine Générale
RINEAU	Emmanuel	Anesthésiologie-réanimation	Département d'Anesthésie-Réanimation
SCHMITT	Françoise	Chirurgie infantile	Pôle femme-mère-enfant - fédération de pédiatrie
TESSIER-CAZENEUVE	Christine	Médecine générale	Département de Médecine Générale
VENARA	Aurélien	Chirurgie digestive	Service de Chirurgie viscérale

REMERCIEMENTS

A mon président de jury,

Monsieur le Professeur CHAPPARD,

Vous me faites l'honneur de diriger ce travail.
Vous avez été un de mes premiers professeurs d'université à la faculté.
Je vous remercie pour votre aide tout au long de ce travail. Votre expérience scientifique et votre expertise dans le domaine de l'histologie m'ont été très précieuses dans l'élaboration de cette thèse.
Je vous souhaite une retraite heureuse. Merci de m'avoir accordé du temps sur celle-ci durant ces derniers mois.
Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A mon directeur de thèse,

Monsieur le Docteur ROBERT,

Vous me faites l'honneur de diriger ce travail.
Merci de m'avoir guidé lors de son élaboration.
Votre passion pour la chirurgie du genou et votre motivation pour son développement forcent le respect tout comme votre grande curiosité.
Merci de m'avoir permis de découvrir cette chirurgie enrichissante et sa gestion en ambulatoire.
Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A mon jury,

Madame la Professeure SERVIEN,

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse.
Votre expérience en chirurgie du genou fait de vous une experte avisée pour juger mon travail. Votre implication dans le développement de celle-ci et votre engagement dans la formation des internes forcent le respect.
Merci de m'accueillir au sein de votre service, j'espère être à la hauteur de vos attentes.
Soyez assurée de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Monsieur le Professeur DUBRANA,

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse.
Votre expertise en chirurgie du genou et principalement dans la prothèse unicompartimentale font de vous un expert de renom pour juger ce travail.
Votre passion pour cette chirurgie et votre implication dans la formation des internes forcent le respect.
Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Monsieur le Docteur Florian DUCELLIER,

Tu me fais l'honneur de juger cette thèse.
Ton aisance en chirurgie du membre inferieur et ta facilité à nous faire confiance dans sa pratique sont un exemple que j'espère réussir à suivre.
J'ai pu profiter de tes connaissances théoriques et pratiques durant toute l'année dernière.
J'ai hâte de pouvoir appliquer tous tes conseils dans la prise en charge de mes propres patients quand je serai grand. Merci pour eux.
Merci pour ta disponibilité sans limite, je saurai toujours où trouver de bons conseils.
Merci pour ton implication dans notre formation au quotidien.
Merci d'avoir pris soin de ma maman.
Il me reste encore deux ans pour passer la tête de temps en temps dans ta salle pour améliorer ma culture musicale.
Merci pour tout.
Sois assuré de mon éternelle reconnaissance et de toute mon amitié.

REMERCIEMENTS

Monsieur le Docteur Louis RONY,

Tu me fais l'honneur de juger cette thèse.
Ton énergie débordante au quotidien est un vrai bonheur.
Merci pour ton implication dans la formation des internes et pour l'organisation des cours.
Merci pour tous tes conseils sur la chirurgie du pied et pour ta confiance sur les gardes et la traumato.
Merci également pour tes conseils dans la rédaction de ce travail.
Ta vision familiale du service et ta bonne humeur sont communicatives et très agréables.
J'ai hâte de revenir sur Angers pour à nouveau travailler ensemble et pourquoi pas se prendre une petite bière devant un match de rugby.
Sois assuré de ma plus grande reconnaissance et de mon amitié.

A mes maîtres d'internat,

Du service d'orthopédie du CHU d'Angers

Monsieur le Docteur Laurent HUBERT,

Merci de m'avoir fait découvrir l'orthopédie lors de mon passage dans le service en tant qu'externe.
Votre implication dans le service et votre capacité de travail sont impressionnantes. Vous avez un sens de l'organisation hors du commun.
Vous avez réussi à faire de ce service un lieu agréable ou apprendre la chirurgie grâce à votre sens du travail en équipe et votre écoute, et c'est un privilège d'y travailler.
Votre présence au staff est un vrai plus grâce à vos conseils en traumatologie sans oublier votre sens de l'humour.
Vous m'avez permis d'apprécier la chirurgie de l'épaule.
Merci de nous autonomiser et de nous faire confiance au quotidien, je vous dois beaucoup pour ça.
Soyez assuré de mon éternelle reconnaissance et de mon plus profond respect.

Monsieur le Docteur Vincent STEIGER,

Ton aisance chirurgicale et ton calme sont un exemple depuis l'externat.
Ça a été un plaisir d'être ton interne, merci pour tous tes conseils.
Merci pour ta confiance dans le service et pour ta disponibilité.
Ça a été un plaisir de pouvoir passer plus de temps avec toi au bloc cette année, j'espère en avoir retenu le plus possible pour plus tard.
J'ai hâte de revenir dans le service pour t'embêter à nouveau avec mes questions et pour pouvoir passer te voir au bloc pour ternir la réputation de Florian.
Merci pour tout.
Sois assuré de ma reconnaissance et de mon plus profond respect.

Monsieur le Docteur Romain LANCIGU,

Merci pour m'avoir bien vendu l'orthopédie pendant l'externat et pour tes conseils lors de ce choix, je ne regrette pas.
Merci pour tous tes conseils sur le membre supérieur et pour m'avoir fait faire mes premières acromio et mes premières coiffes. Tous les conseils sont bons à prendre pour la traumato et pour l'arthro en général.
Merci pour ton amour du rap et des punchlines, continu de profiter de tes caprisuns, c'était un réel plaisir de passer du temps au bloc avec toi.
Merci pour tout et à bientôt.

REMERCIEMENTS

Monsieur le Docteur TALHA,

Votre connaissance de la traumatologie et votre ingéniosité sont un exemple. Je suis fier d'avoir appris à vos côtés.
Vous voir opérer la traumatologie la rend tellement simple que ça m'a fait prendre conscience de ce qu'il était possible de faire mais aussi du chemin à parcourir pour approcher votre niveau.
J'espère pouvoir utiliser autant de Daviers que vous pour pouvoir aussi bien « réduire les choses ».
Merci pour votre confiance accordée sur la prise en charge des malades aussi bien au bloc qu'en post-opératoire et merci pour votre disponibilité et toutes vos anecdotes sur la chirurgie quelle que soit la spécialité.
Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon plus profond respect.

Du service d'orthopédie du CH du Mans

Monsieur le Docteur Vincent ORAIN,
Merci pour ta bonne humeur inépuisable et ton calme, tout était agréable dans cette première année. Merci pour tes conseils et merci pour ta confiance sur les weekends de traumato du 7ème semestre. Je me souviendrai toujours de ta musique au bloc et de notre PTG avec 2 heures de bal musette. C'est toujours un plaisir de te revoir en dehors, vivement la prochaine SOFCOT.
Merci pour tout.

Monsieur le Docteur Grégoire SORIN, Merci pour tous ces bons moments au bloc et pour m'avoir expliqué plein de choses. C'était un plaisir de se lancer dans l'internat dans la bonne humeur.

Madame le Docteur Emeline GAUTHIER, Merci pour ta gentillesse et pour m'avoir laissé faire mon premier clou tout seul.

Madame le Docteur ALLIGAND-PERRIN, Merci de m'avoir fait découvrir la chirurgie de la main. Merci pour ta sympathie.

Madame le Docteur CHAMPDAVOINE, Merci de m'avoir fait découvrir l'arthroscopie d'épaule alors que je ne connaissais même pas la veine céphalique. J'aurais dû écouter tes conseils pour le Wake-board, désolé de t'avoir fait peur le lendemain avec la cicatrice. Merci pour ta gentillesse.

Monsieur le Docteur MOUI, Merci pour votre accueil dans le service pour ma première année.

Monsieur le Docteur PIDHORZ, Merci pour vos conseils et pour votre confiance lors de mon second passage au Mans comme « vieil » interne.

Monsieur le Docteur LAFORET, Merci pour votre bienveillance et vos conseils sur la chirurgie prothétique et merci pour les vacations avec Joe Dassin.

Monsieur le Docteur HAMDAI, Merci pour vos conseils et votre calme

Monsieur le Docteur AL HOMSI, Merci pour vos conseils sur le membre inferieur, ça a été un vrai plaisir de partager un dernier bloc avec vous lors de mon retour au Mans, merci pour tous vos mots sympathiques.
Merci pour les journées rythmées du vendredi qui laissent des souvenirs émus à tous les orthos.
Je n'oublierai jamais votre bandeau et votre sourire bienveillant caché derrière cette fière moustache.

Messieurs les Docteurs ACHIBET et GHYAMPHY

REMERCIEMENTS

Du service d'orthopédie du CH de Polynésie Française

Monsieur le Docteur Pierre FLEURE, Merci pour ta confiance au bloc opératoire et pour ma première diaphyse humérale au bout de 4 jours de stage. Je n'oublierai jamais la phrase « Va lire la tech-op du prochain pendant que je ferme ». Merci pour l'organisation des missions avec les chirurgiens de la métropole, ces semaines étaient très interessantes. Merci pour tes conseils de visites et pour tes passions multiples.

Monsieur le Docteur Karim DJENADI, Merci pour ton accueil dans le service et merci pour ta compréhension « Attend, tu vas quand même pas venir travailler alors que tes parents sont là ». Merci pour tes conseils, c'était un plaisir.

Madame le Docteur Alix DE JESSE, Merci pour tes conseils et ta bienveillance, merci pour la plus longue AMO de ma jeune carrière encore tenante du titre actuellement.

Toriki LUTH, Merci pour ta gentillesse et pour tes conseils. C'était un plaisir

Du CH du Nord Mayenne,

Messieurs les Docteurs VOGELI et ES SAYEH

Du service d'orthopédie pédiatrique du CHU d'Angers

Madame le Docteur Kim BIN, Merci pour ta disponibilité et ta gentillesse

Monsieur le Docteur Nicolas HENRIC, Merci pour ta bonne humeur et ton accent chantant dans le bureau des internes. J'espère que le déménagement ne t'a pas « fennndu le cœur »

Monsieur le Docteur MOUKOKO, Merci pour votre accueil dans le service

Emilie, Françoise et François, merci de m'avoir tout expliqué.

Du service de chirurgie vasculaire du CH du Mans,

Madame le Docteur Hélène LOUBIERE et **Madame le Docteur Roxana BORCAN**, Merci pour vos conseils et pour m'avoir laissé aborder les tuyaux.

Monsieur le Docteur Florin ONEA, Merci pour ta gentillesse et vive les thoracoscopies sur fond de rock

Monsieur le Docteur Gregory DESSERTENNE, Merci pour ton humour pinçant sur la clinique, ton énergie et tes conseils. Il faut que je repasse dans le bureau prendre un café. « Du coup je vais lui faire un thoraco-bif Haaaaan »

Monsieur le Docteur Pierre TESSON, « Hey RIOUL », merci pour ta gentillesse et tes bons conseils. J'ai adoré ce semestre. Merci de m'avoir fait découvrir ce qu'étaient la rigueur et les cernes. On a bien rigolé. A bientôt.

Monsieur le Docteur Gaetano VITALE, « Comme la carte », ta passion pour la pêche me manque, je te demande encore pardon pour ces parties de Baby. Merci pour ta confiance au bloc et pour tous les cafés lors de la déprogrammation et tes sessions paperasse. Merci d'avoir été la seule personne à parler sérieusement d'achat de kayak de tout l'internat. Merci pour ta gentillesse. Ta détermination à réussir en chirurgie vasculaire et ton parcours sont un exemple.

Du service de chirurgie orthopédique du CHU de Lyon Croix Rousse,

Monsieur le Professeur LUSTIG et **Monsieur le Docteur Stanislas GUNST**, Merci de m'accueillir dans votre service.

REMERCIEMENTS

A mes chefs de clinique,

Nico RUIZ,

Merci pour tout. Tu m'as donné envie de faire de l'ortho en tant qu'externe et m'as fait faire ma première AMO, ma première intervention complète. C'était super de t'avoir comme chef, ta rigueur est un exemple et tu es toujours de bon conseil. Tu m'as aussi conseillé d'aller à Tahiti ce qui a été une expérience formidable. C'était un plaisir de te tirer dessus avec ton propre Nerf et de venir dans ton bureau avec plein de questions. Merci pour ton écoute.
Tahiti c'est un super bout du monde mais j'avoue que tu me manques un peu. Il faut que je passe te voir.
A bientôt mon ami.
Bisous à tes Tahitiennes.

Clément MARC,

Merci pour ta sympathie et ton humour, tout le monde devrait être accompagné d'un petit ramoneur.
C'est cool de te retrouver comme PH, vivement le retour à Angers, ça va être une bonne équipe.
Merci pour tes conseils et ta motivation.
Merci pour l'animation au staff et ta passion dans les explications.
Tu es aussi formidable au travail qu'en dehors, aucune sortie avec toi n'est sans risque mais toutes valent le coup.
Gros bisous à Manu.

Augustin COUPRY,

Quel bonheur de travailler avec toi.
Merci de continuer à me parler même si tu es à la clinique.
Tu trouves toujours du temps à passer avec tes internes et c'est plus qu'appréciable.
On espère toujours voir un épi apparaitre au bout du couloir.
Merci pour tout, à bientôt.

Antoine PEYRONNET,

Merci pour ta sympathie.
Merci de m'avoir aidé pour tous les dossiers de ma consultation du mercredi aprèm.
Surveille bien Augu à la clinique.
A bientôt sur Angers.

Xavier BUISSON,

Merci pour ta disponibilité, ta gentillesse et ton humour.
C'était un plaisir.
Bonne continuation à Vannes

François FERCHAUD,

Ta discrétion et ta gentillesse m'impressionnent.
J'espère avoir un jour ton calme.
Chaque garde et chaque bloc avec toi étaient agréables, comme co-interne (première DHS) ou comme chef (de sacrées épaules).
Merci pour tout.
Vivement le passage à la Rochelle

Raphael PINET,

Avec un « P » comme prothèse, Paf Paf, et toc
Merci pour ta gentillesse et ton énergie débordante
Bonne continuation

REMERCIEMENTS

Mathurin GOMEZ,

Merci de m'avoir transmis ton goût du travail bien fait pendant la fin de ton internat. Ça engendre une petite part de stress mais qui de mieux placé que toi pour m'apprendre à le gérer.
Merci pour tes conseils et ta confiance.
Il faut absolument que tu me racontes de nouvelles histoires, il faudra que je passe te voir à Saint Sylvain.
Bonne continuation
A bientôt.

Julien BACHLER,

Merci pour ta disponibilité et ta sympathie aussi bien comme vieil interne que comme chef.
Merci pour ta confiance accordée au bloc opératoire et merci pour tes conseils.
Bonne continuation à Laval
A bientôt pour un petit billard

Thomas POUDEROUX,

Merci pour toutes tes astuces sur le genou et la hanche.
Merci de m'avoir laissé le plus possible la main en arthroscopie comme en prothétique.
J'ai suivi tous tes conseils pour bien préparer mon semestre Lyonnais et surtout la suite.
Bonne continuation au Mans.
A bientôt

Raphaëlle GIBAUD-DUMARTINET

Merci pour tous tes conseils.
J'espère t'avoir soutenu pendant les premières gardes.
C'était un plaisir « A bicyclee….tte »
Bisous à Benjamin

Adrien PAUVERT

C'était marrant de te voir te transformer en chef du jour au lendemain. Tu as assuré.
Merci de m'avoir autant laissé faire au bloc et merci pour Brassens et la Compagnie Créole qui ne sont toujours pas appréciés à leur juste valeur.
Chaque bloc avec toi était un plaisir et les moments en dehors également même s'il faut passer au-dessus de ce petit air bougon. Merci de garder mes sens en alerte pour ne pas regarder le petit rond qui se balade.
Merci pour ta gentillesse.
Je te laisse me préparer le terrain à Château.
A bientôt.

A Adeline,

Quel plaisir de t'avoir parmi nous. Tu réponds à toutes nos questions avec tellement de bienveillance que c'est toujours un plaisir d'aller te voir.
Merci de nous libérer autant de temps en gérant toutes choses pour lesquelles nous sommes plutôt mauvais.
Ta douceur avec les patients et la patience pour nous répéter vingt fois les mêmes choses sont un exemple.
Merci pour ton infinie gentillesse et ton humour.
Merci pour tout, vivement le retour sur Angers pour passer une tête dans le bureau.
Merci de t'occuper de Samson, c'est peut-être le plus impressionnant.

A toutes les équipes soignantes et à toutes les secrétaires, à toutes les équipes de bloc,

Merci pour votre soutient et toutes vos explications en tant que bébé interne (avec le protocole « comme d'habitude ») et encore actuellement.
C'était un vrai plaisir pendant toutes ces années et ça va continuer. Merci pour tout.

REMERCIEMENTS

A mes co-internes,

Vive la promo des 5.
Difficile d'exprimer l'importance de cette bonne entente que l'on a réussi à avoir pendant 5 ans. On fait quand même un métier de dingue. Il parait loin le petit train mais on n'aurait pas pu faire mieux. Ça va être quelque chose la chefferie.

Caro,
On ne peut pas rêver meilleure co-interne et meilleure coloc.
Difficile de se passer de ton caractère, ta gentillesse et ton grain de folie. L'ECN à l'air d'être une belle connerie comme ça mais sur ce coup-là on peut dire que je lui dois beaucoup. Merci d'aimer autant la chanson française et d'autant me faire marrer.
C'est toujours autant un plaisir d'entendre tes coups de gueule et de te voir tout bouleverser avec un simple manteau de ménestrel.
Continue d'accumuler toutes tes choses, c'est toujours aussi drôle.
Merci pour toutes les madeleines.
J'espère que tu ne vas pas partir de sitôt en Bretagne.
Je t'adore

Clairette,
DIDIEEEET. Il a fallu attendre la pédiatrie pour être en stage ensemble « Oh Gabrielle », quelle équipe. Si on avait su on se serait parlé pendant l'externat.
J'ai hâte que nous soyons chefs ensemble. Vivement les petites bières à la cale pour parler de nos internes.
Merci pour ta sensibilité.
Merci pour ton amitié et ton humour.

Mamar,
Merci pour ta joie de vivre et ta jolie moustache. 9ème semestre pour être dans le même bureau, enfin.
On rigole vraiment sans arrêt, ça va être sympa de devenir chatelains ensemble direction Castel-Gontier.
Tu es vraiment un super co-interne et un super ami, c'est sympa les visites au musée et les staffs Buds.
Je ne regrette pas une seconde mon sacrifice.

Adrien,
C'était un plaisir de découvrir le métier d'interne ensemble.
Merci pour ta sympathie et merci d'être aussi bon public.
A bientôt.

A **Guidav,**
La transition vers le CHU a été un vrai plaisir à tes côtés. Difficile de faire plus inséparables et ça a rendu la chose presque facile. Heureusement que les deux Phil Collins étaient là pour nous aider.
C'était vraiment un bon semestre et c'était bizarre de partir au bout du monde juste après. Notre insouciance de ce moment-là me manque souvent.
Merci pour toutes ces heures à jouer aux Darts, le rendez-vous du vendredi soir au retour de Mayenne avec un petit air de Jean-Jacques ou de Phil.
Notre amitié est une belle chemise jaune et noire à carreaux.
A bientôt pour les retrouvailles.

A **Sarah**, merci pour ton amitié et ton agacement facile, le confinement passe plus vite en ta compagnie, pressé que tu sois mon interne préférée. Les autres n'ont aucune chance.

A **Quentin**, le faux parisien, un enrobage de bouderie fourré à la gentillesse, on rigole bien.

A **Martin**, ce bon vieux cliché de l'orthopédiste, il en fallait bien un.

A **Florie, Sara, Marine, Marie**, autant de filles en ortho, qui l'eut cru ? C'est cool de bosser avec vous.

A **Alexis**, accroche une cible et change les futs, je passe à Nantes.

A Jerem et Nico qui se sont bien accrochés.

A **mon Jeannot**, réfèrent ICO…Santiano, c'était vraiment top, tu arriveras peut-être à la cheville de Sarah.
Repos bien mérité pour toi. On se refera des sessions calques le dimanche.

REMERCIEMENTS

A **Nicow,**
Mon tout premier co-interne, premier jour à 17h journée finie en train de jouer aux cartes, la réalité nous a vite rattrapés. On a vraiment passé un super semestre même si le vendredi n'était pas toujours facile. Pressé de te retrouver enfin débarrassés de toutes nos corvées pour commencer le clinicat comme on a commencé l'internat c'est-à-dire en jouant au bad.
Merci pour ta sincérité, ta timidité et ta discrétion.
Je suis content d'être ton ami.

A **Marie,**
Merci de nous avoir expliqué ce qu'était une visite. C'est passé à rien du remord ortho.

A **Stephou,**
Merci pour ta bonne humeur et tes blagues

A **Paulo,**
13 mois ensemble sans être dans la même spécialité, incroyable. C'était très agréable. On aura toujours un réa meilleur en tout pour gérer nos problèmes de téléphone. Merci pour ta générosité et merci pour cette livraison de Pâques, idée géniale. Bonne continuation avec toutes tes filles.

A **Anna Baudryyyyyy,**
Super maman de vascu, j'espère que tu prends autant soin de tes internes que de nous. Une fois passé le côté vexant, c'est quand même agréable quelqu'un qui fait ton travail à ta place et mieux, mais quand même, c'est vexant. J'espère que l'acoustique des escaliers de Tours sera au niveau de ta douce voie. J'espère refaire un check covid par choix et non pas par obligation bientôt.
Merci pour tes jeux de mots pourris et merci de ne pas juger les miens.
Merci pour ta gentillesse, ton soutien et ton humour.

A **Jeanne** (la Goulinette) gros check, **Soline, et les urgentistes.**

Aux co-internes de Mayenne, **Thibault, Guillaume et Walid**, la bonne petite maison.

Aux co-internes de Tahiti, **Mathilde** co-interne, coloc et collègue de plongée, **Thibault, Caroline**

Aux co-internes et chefs de Lyon, **Lyliane, Antoine, Edouard et Tristan**, merci pour le soutien de dernière minute.

Aux belles rencontres de l'internat du Mans,

Les pintades, (toujours en salle télé), **Sylvain** (VP soirée, appendice non vue), **Laulau Delagneau,** Les Rouennais (on commencera quand Tardieu sera là), **Rodolphe, Blaise, Madjid** (et encore une commande), **Aurélien** (Michel), **Laurent, Franck** (et tes smashs ravageurs, belle bataille).

A **Kevlar et Remlar**, Merci pour les barbeucs et surtout pour les grands pas.

Adèle HUCHON, c'était un plaisir fille d'unijambiste !

Nassim une rep, reste le même et continue la guitare et **Antoine** le mec qui finit à 22h

A **la coloc du LOL** à Tahiti, **Franky, Antoine, Tema, Dume, Alex, Adrien** (on était mieux là-bas qu'en prison), **Adrien** (merci pour le citron), **Indy et encore Mathilde** (la vérité Simaan). Ça me manque. Vive l'avion.

Aux belles rencontres de là-bas,

A **Kévin** toujours partant pour un weekend, on n'a jamais vu une collaboration pareille entre urgentiste et ortho. A bientôt à Nice

A **Loup**, le classement des meilleures blagues reste inchangé pour le top one. Ça va ? Super de se retrouver en rando (en espérant ne pas croiser Xavier) et au ski. Vivement cet été.

A tous les externes sympas.

A tout ceux que j'ai oublié.

REMERCIEMENTS

A mes amis de la fac,
J'ai passé autant de bons moments avec vous individuellement qu'avec notre belle bande.

Arthur,

« T'as déjà fait des sports co toi ? ». J'ai de la chance d'avoir un ami comme toi qui peut faire paraitre un trajet Savennières-Les Alpes aussi court. Merci pour ton amour de la justice et nos discussions passionnées que ça soit sur un sentier ou un kayak polonais « Haschich ??? ». C'est incroyable de trouver quelqu'un avec qui je suis quasiment tout le temps d'accord. Merci pour tous ces bons moments. Merci pour ta curiosité. Merci pour notre amour commun du calme.
Tu sais déjà à quel point tu es mon copain.

Dav,

Un vrai vrai pote ça ne part pas à Besac mais bon… tu mérites quand même ton petit mot. Merci pour nos fous rires et pour toutes les randos des Alpes à l'Islande. Merci d'être plus blanc que moi.
Le retour à la vie réelle est toujours aussi compliqué après nos semaines de liberté.
Il aurait été très bien ce panneau à l'intérieur. Vivement cet été.

Coline,

Merci pour ton rire si joyeux et tes grands yeux si bienveillants.

Mélanie et **Lina**, les colocs polonaises. Merci pour ton calme (pour l'une) et merci de foncer autant (pour l'autre) Bises à **Benj**. Gros bisous

Alex, vive Céline de l'Ecosse à la Pologne. Tu m'étonnes que tu aies ramené un si bon chanteur. Bises à **Louis**.

Pollux, Merci pour ta disponibilité et ta maladresse même si c'est seulement quand on est là d'après **Mix**.

Samuel, Jamais vu un tel auteur de la ronéo à la thèse de science « Moumounigan mon gars ! ». Pizza-frites pour Pickle Rick. « Dites « 33 » madame ! »

Pascal, Merci pour ta chute au Ralliement « Mec, mec, mec, mec ». Bisous à Clarisse

Théo, Seul soutient dans cette famille de non orthos, merci pour tes rires.

Bienvenu (Ouais toi aussi), On va réussir à le faire ce mariage. Merci pour m'avoir autant hébergé, Merci pour tous tes sourires. Bisous à **Jen**

Guigui, Merci pour toutes ces histoires à rallonge. Je ne comprends qu'une fois sur deux où tu veux en venir mais c'est tellement drôle. « Bah les mecs ils bossent ». Toujours aussi heureux de te retrouver pour un bon clacos trappiste. Bravo pour ce parcours.

Clément, J'aurais toujours un couteau dans la poche au cas où tu veux manger une pomme. Bisous à **Cyrille**.

Loic, meilleur nageur de la fontaine, merci pour tes éclats de rire.

A « l'autre demi-promo »,

Baptiste, ça sera une tarte aux pommes / Hanabi / Perudo

Pierrot, Merci pour ton amour des choses simples, c'est quand tu veux pour des champignons/tomates. Très heureux de t'avoir plus revu cette année. Bisous à **Alex**

Cassandre et **Hélène**, des nouilles chinoises ? sérieusement ?

Chloé, Hélène, Camille, Léa, François, Maxime, Mégane, Dorian. Content de vous revoir.

A **Florentin**

REMERCIEMENTS

A mes amis,

Coco,

Mon Schwarzy, ça me manque de ne pas te voir autant que je voudrais. Je ne m'y suis toujours pas habitué. J'aimerai bien passer une semaine de vacances rue du Chaillou en ayant rien d'autre à faire que d'organiser des courses de chats dans l'escalier du voisin. Encore désolé de t'avoir plumé au poker centime par centime, tu devais être trop concentré sur la télé.
Merci d'avoir le rire le plus communicatif que j'ai jamais entendu et pour les fous rires que ça entraine.
C'est rare un ami comme toi, j'ai hâte de te retrouver.

Les « gars du kayak », les orthos n'en peuvent plus d'entendre parler de vous,

Batou,

Tu m'as fait découvrir le kayak, ça veut déjà tout dire.
Merci d'être toujours là quand j'en ai besoin et merci d'être là sans que j'en ai besoin mais juste parce que c'est plus drôle que sans toi. Ton amour pour les conneries est un véritable talent.
J'aime ta timidité et ton humanité. Même s'ennuyer ensemble est un bon moment.
J'espère que tu te rends compte quel formidable ami tu es.

Kiki,

Quelle que soit la voiture, même une AX, il y aura toujours la place sur le toit pour 3 kayaks pour aller à Larcay ou aux PDC un 24 décembre.
Merci de nous avoir emmené au club quand on était petits.
Merci pour ta capacité à t'évanouir.
Merci pour ta motivation sans limite pour les sorties. Tu fais partie des gens qui m'ont fait faire des choses dont je ne me serai jamais cru capable.
Merci pour les « Au secours, s'il vous plait »
J'admire ta façon de savoir plus ou moins tout faire et ta curiosité.
Tu es quelqu'un d'enrichissant et un ami génial.

Romaric,

Difficile d'avoir des nouvelles de ta part avant de les avoir déjà entendues par le grand réseau d'espionnage Saint-Sylvanais mais toujours content de savoir que ça va.
Merci de me faire rire et merci de m'avoir appris l'espagnol à ta façon. Rentre vite de Londres.
C'était pratique d'habiter à côté mais c'est pas la même époque, tu peux pas comparer Emeric, tu peux pas comparer.
Félicitations pour ton permis. Gros bisous à Maude
Je suis heureux de t'avoir.

Florent,

Merci de me faire autant marrer et d'être aussi insouciant. De l'extérieur, c'est un sacré spectacle.
Tu es la seule personne que je connaisse à être aussi libre et chanceux (sauf aux cartes parce qu'un podium ne tombe jamais du ciel).
Merci de pâlir à chaque récit d'opération, ça me donne l'impression d'être fort.
Merci pour t'être fait arrêter à ma place au Mans, ravi de t'avoir rendu la pareille en remontant de la Palla.
Merci d'être venu à Tahiti, c'était parfait et vivement que je vienne te voir à mon tour. Profite bien en attendant.
Du kayak au ski, on ne manque jamais une occasion de rire. A peine parti tu me manques déjà.
J'espère que tu vas trouver des ventes aux enchères sur place. Pressé de t'entendre nous expliquer leur rentabilité.
Merci pour ton envie de passer du temps ensemble.
Bisous à Adeline

Pauline, la couz, quelle famille. Merci d'être aussi drôle. Heureusement que Kiki t'a sauvé la vie, j'avoue que tu me manquerais. J'espère t'entendre raconter cette histoire encore longtemps. Merci de rendre heureux mon petit Batou.

Dedel, Vivement la reprise des cafés à l'internat, ça pourra peut-être t'éviter de t'endormir. Merci d'être aussi calme. Merci d'aussi bien t'occuper de Kiki quand nous ne sommes pas là.

REMERCIEMENTS

Natha,

Merci pour tes câlins complices à Chamouille.
Merci d'être aussi naïf que gentil.
Merci pour tous ces fous rires complètements cramés après le ski ou le bateau.
Vivement la prochaine semaine jurassienne. Bisous à Alicia

Saymone,

Merci d'être aussi bavard, ça anime. Merci d'être nul aux cartes, ça nous aide avec Flo.
Ton sens de la compet me fera toujours rire.
Bisous à Laura

Mathipy,

J'aime ta grande timidité, les Autrichien(ne)s ont de la chance. Je te ramènerais du club quand tu veux.

Fabou,

Merci d'avoir été mon collègue du tour de l'île, le ragondin d'or.
Merci d'avoir essayé de gérer tes frères.
Merci de nous avoir tous rassemblé au mariage. Gros bisous à Elisabeth et Mayeul.

Chemineau, Coco, Guilloux, Rémi, Romain et Denis la moustache, A bientôt.

Toinou,

Nos concours de dunk étaient dignes des plus grands. Le temps est passé à une vitesse ces dernières années et on n'a pas été très disponibles. Vivement que tu rentres. Je suis pressé de rencontrer Amélie et Timothé.
Tu me manques mon copain.

Merci **Florence et Dominique** de m'avoir accueilli dans votre tribu comme un de ses membres.

Merci aux séniors 3 : **Robin, Thibault, Tristan, Bryan, Quentin, P'tit Bat, Grand Bat**, et à leurs plus fidèles supporters **Pierrot et Grégoire**. « Hibou, hibou, hibou…Chouette, chouette, chouette !! »

Aux copains du lycée, **Matéo, Clément, Pierre, Rémi, Cyrille, Toby, Sylvain, Ray, Greg et Kévin**

A **Mookie**

A **Thibault**,
Ça va voisin ? Merci pour ton soutient pendant cette dernière année. C'était impeccable. Merci d'avoir refusé de me voir pour que je reste travailler (rarement) et merci de m'avoir arraché de mon bureau (souvent).
Le confinement valait le coup rien que pour ça.
Merci d'être nul à Catane

REMERCIEMENTS

Aux autres gens qui comptent,

Nounou, Tonton,
Merci pour tout, merci d'avoir été si gentils et si agréables. Vous nous avez appris plein de choses.
Merci à **Anne et Franck** pour la peinture partout.

Docteur Châtaigner,
Merci d'avoir été un aussi bon médecin. Ça m'a donné envie.

Bruno,
Merci pour ton humour et ta passion.

Sébastien et Jalil,
Merci de m'avoir appris ce qu'était la vie de groupe quel que soit l'endroit. Tout ce que vous m'avez appris me sert plus que jamais au quotidien.

Samuel,
Merci pour mon premier travail et pour m'avoir fait découvrir MAP.
Merci pour avoir essayé de m'apprendre la course en ligne et le ski de fond.
Merci pour tous les plans marcassins et les raids matinaux.
Merci pour avoir su parfois faire taire Saymone.
Merci surtout pour m'avoir dit un jour « mais tu vas te faire chier en STAPS, pourquoi tu ne ferais pas médecine ? »

Rico et Fredo, merci pour votre sécu sans faille

Aux « petits » du club, merci d'avoir fait les âneries que ma sœur était déjà trop grande pour faire, merci d'avoir appris par cœur Booba et Daniel : **Coco, Garus, Hugo, Fifi, Lagachette, Tom**

Lydie et Philippe, merci de m'accueillir à l'improviste comme si j'étais de la famille, ce sont des moments privilégiés.

A ma famille,

Adeline, Léo, Sylvain et Mathieu, on forme une bonne brochette.

A mon parrain**, Dominique**, ton calme m'impressionne. Je pense souvent à toi quand j'ai l'impression de bosser dur, ça me remet sur les rails.
Merci ces journées à la ferme avec les cousins
Gros bisous à Anne

A **Papi et Mamie Ménard**, repos bien mérité. Merci pour tous les cousins.

Et à tout le côté Ménard

A **Julien** pour ton âme rêveuse et ton amour des bouquins et à tout le côté Pelletier.

A **ma petite Mamie**,

Merci pour ta gentillesse et tout l'amour dans tes yeux si clairs.
Merci pour ta modestie et ton rire si touchant.
Merci de prendre autant de soin à faire à manger pour 4 quand je viens te voir.
Papi et ses tours au jardin me manquent beaucoup,
Merci pour toutes les vacances
Merci pour le vélo.

REMERCIEMENTS

A ma petite famille,

A **mes Parents**, même s'il manquerait des pages pour tout exprimer.

Merci pour votre éducation calme et bienveillante, merci pour votre modestie, je vous dois tout.
Merci de m'avoir transmis l'amour des balades.
Merci d'avoir répondu sans relâche à tous mes « pourquoi ? »

Ma petite Maman,

Merci de m'avoir toujours fait me rendre compte de la chance que j'ai, ça rend la vie plus simple et ça rend heureux même si ça demande un petit effort.
Tu es d'une douceur et d'une prévenance incroyable. Tu as toujours réglé tous les problèmes avant que j'y pense si bien que je ne les connais pas pour la plupart.
Merci pour ton énergie et pour m'avoir transmis ton amour de la musique et surtout des paroles.
Merci pour ta maladresse que ça soit avec tes mains, tes pieds ou même de temps en temps avec tes mots.
J'espère que tu me diras toujours de faire attention de ne pas me couper avec ton pansement sur le doigt et attention de ne pas me cogner avec tes bleus et tes bosses.
Tu es une maman merveilleuse.

Mon petit Papa,

On se ressemble déjà assez comme ça mais j'aimerai parfois être calme et silencieux et avoir ce côté réfléchi que j'admire tant chez toi.
Merci de m'avoir transmis ton sens de l'observation et ta curiosité pour tout. Tu m'as toujours tout expliqué, tu as rendu ma vie intéressante.
Merci pour ton amour de Brel, Brassens et pour ton côté rêveur.
Merci pour ton sourire, pour être aussi taquin (j'en ai bien hérité), et pour tes « petit con !» si affectueux.
Merci pour notre amour commun des fringues et de la mode.
Tu es le meilleur papa possible.

Ma petite Sœurette,

J'aime notre manière de nous comprendre. Jamais vu quelqu'un d'aussi patient, les gens que j'agace en 5 minutes ont bien des leçons de retard.
Merci pour ta timidité et ta discrétion.
On a passé de bons moments, je me suis senti bien seul à ton départ.
Merci de revenir de temps en temps t'asseoir en face de moi pour se moquer à nouveau des parents ensemble. Ce petit sourire bien camouflé me manque.
J'aime ta manière d'absorber toutes les émotions qui t'entourent.
Merci d'être restée assez petite pour tenir dans mes bras.
Je t'embrasse.

Merci à tous les trois pour tout l'amour dont vous me couvrez sans cesse. J'en ai à revendre pour les quelques centaines d'années qui viennent. Toutes ces phrases paraissent bien peu de choses.

Je vous aime

List of acronyms

UKA	Unicompartmental Knee Arthroplasty
TKR	Total Knee Replacement
TKA	Total Knee Arthroplasty
OKS	Oxford Knee Score
CT	Computed Tomodensitometry
DXA	Densitometry in X-rays Absorption
LFU	Last Follow-up
UHMWPE	Ultra-High Molecular Weight Polyethylene
HKA	Hip Knee Ankle
PTS	Posterior Tibial Slope angle
AKI	Ankle Knee Implant angle
ROI	Region Of Interest
RLN	Run Length Non uniformity
GLN	Grey Level Non uniformity
LRE	Long Run Emphasis
SRE	Short Run Emphasis
FIR	Fraction of image In Run
V***	Vertical***
H***	Horizontal***
M	Mean Grey Level
ROM	Range of Motion

Plan

ABSTRACT

INTRODUCTION

PATIENTS AND METHODS

1. Patients
2. Data collection
3. Surgery techniques
4. Radiographic evaluation and texture analysis of radiographic images
5. Statistical analysis

RÉSULTS

1. Patients
2. Comparison

DISCUSSION

1. Bone texture analysis
2. Epidemiologic comparison of our cohort with data from the literature
3. Relationship comparison between our study and literature in outcomes and radiolucent lines
4. Outcomes and implant positioning relationship
5. Study limitations
6. Study strengths

CONCLUSION

CONFLICTS OF INTEREST

REFERENCES

LEGENDS OF FIGURES

FIGURES

TABLES

TABLE OF CONTENTS

Medial unicompartmental knee arthroplasty and bone microarchitecture of the proximal tibia studied by X-ray texture analysis: A prospective observational study on 61 patients

Simon Pelletier[1], Henri Robert[2], Daniel Chappard[3]

[1] Département de chirurgie osseuse adulte, CHU Angers, 4 rue Larrey, 49100 Angers, France

[2] Unité ambulatoire d'Orthopédie, Centre Hospitalier du Haut Anjou, 1 quai Dr. Lefevre, 53200 Château Gontier, France

[3]GEROM « Groupe Etude sur le Remodelage Osseux et BioMatériaux », IRIS-IBS Institut de Biologie en Santé, CHU Angers, 49933 Angers Cedex, France

ABSTRACT

Introduction. Medial unicompartmental knee arthroplasty (UKA) offers improvement in knee function and pain in osteoarthritis. An important proportion of patients have residual pain with some of them not explained. Texture analysis may estimate the bone microarchitecture. Our hypothesis was a statistical correlation between texture analysis and clinical outcome of UKA.

Patients et Methods. This was a monocentric, single operator study on 61 patients who needed a medial UKA between 2017 and 2018 comparing proximal texture analysis of the tibia preoperatively and postoperatively between two groups. One made of 30 patients with last follow-up (LFU) Oxford knee score (OKS) ≤ 18 and the other comprising 31 patients with LFU OKS > 18. We used the MaZda software in different regions of interest (ROI).

Results. The mean LFU was 22 months. UKA with high VRLN and low VLRE in ROI 1 and those with high M, HSRE, HFIR, VSRE, VFIR and low HLRE and VLRE in ROI 2 and 3 preoperatively and a decrease of density in ROI 2 during the following, presented a better clinical outcome at LFU.

Conclusion. Preoperative texture analysis values of proximal tibia and its evolution postoperatively were correlated with clinical outcome of medial UKA. These results may help in UKA indication for some patients. They had to be confirmed by longer follow-up results monitoring closely the arthroplasty survival.

Level of evidence: III: case control

Keywords: Unicompartmental knee arthroplasty; X-ray analysis; texture analysis

INTRODUCTION

Gonarthrosis is a frequent and disabling pathology whose incidence is increasing due to the population aging. Arthroplasty with unicompartmental knee arthroplasty (UKA) is a treatment of choice with good functional results, superior to those of total knee replacement (TKR) [1–3], high patient satisfaction [3], due to a better conservation of the knee kinematics, and survival rates of about 90% at 10 years in recent studies [4–11]. These good results and improvements in prosthesis designs have enabled the extension of UKA indications from very restrictive criteria [12] to broader criteria, in particular its use in overweight patients [13,14]. Vincelot-Chainard et al., reported that in France, UKA accounted for 12% of all primary knee arthroplasties [15]. Technological advances have also allowed them to be implemented on an outpatient basis [16,17]. Nevertheless, some surgeons are still wary of this procedure because it has a higher revision rate than TKR [1,2,18]. The revision solution of UKA consist mainly of a change by a TKR [19,20]. UKA revisions by UKA are less frequent and require careful patient selection [20,21]. The results of UKA replacement by TKR are poorer than those of first-line TKR and are closer to those of a TKR revision by a TKR [19,20,22]. Unexplained postoperative pain in medial UKA accounts for 23% of all UKA revisions [23]. The main causes of revision are aseptic loosening, disease progression, infection, wear and tear, and pain, some of which is unexplained [19,20,24,25]. Factors associated with their occurrence and patient satisfaction include the frontal and sagittal orientation of the prosthetic implant [26–33], the surgeon's experience [34,35] and compliance with indication criteria [36].

Given the high percentage of revision surgery due to aseptic loosening, bone quality could play a major role in a population at risk of osteoporosis. Bone quality remained during a long time as "anything that cannot measured". Recently bone quality was defined as "the sum total of characteristics of the bone that influence the bone's resistance to fracture" [37]. As proposed

by Felsenberg and Boonen, bone quality could be compared to "an umbrella term that describes the set of characteristics that influence bone strength" and interrelationships between them [38]. It is now well known that bone quality cannot be assessed with the naked eye on standard radiographs [39–41]. Accurate bone quality evaluations by computed tomography (CT) and densitometry (DXA) are not available in routine practice and are not suitable for prosthetic planification and regular follow-up [42]. Some authors have claimed that bone density measurement is possible using X-ray analysis but this is not approved by the scientific societies [43–45]. However, image analysis software has been developed to extract bone microarchitecture data using algorithms based on fractal geometry [46] or texture analysis [47]. Some results from computed analysis of radiographs highlighted a significant correlation with histological data on bone microarchitecture [48–50] and relationships with characteristics evaluated with other techniques such as biomechanical strength [51–53].

There are few studies in the medical literature on the correlation between imaging data and clinical outcomes of UKA. The main objective of this study was to evaluate the correlation between bone microarchitecture evaluated on radiographic criteria by texture analysis and the clinical outcome of patients. The secondary objectives were to evaluate the correlation between the presence of radiolucent lines, the angular correction performed and the clinical score on a homogenous series of 61 patients with a UKA implanted by the same surgical team.

The hypothesis was that a statistical correlation exists between preoperative bone microarchitecture (including its evolution) and the clinical outcomes in UKA.

PATIENTS AND METHODS

1. Patients

We conducted a prospective, observational, single-center, single-operator (HR) study at the Centre Hospitalier du Nord Mayenne in France. We included patients operated between March 2017 and May 2019 with a medial uncemented screw fastening UKA (Alpina Uni® or Uni Kroma®) for medial femorotibial unicompartmental osteoarthritis. Patients with a history of trauma or surgery at the proximal end of the tibia, bicompartmental arthrosis, rheumatoid knees were excluded. We also excluded patients opposed to the proposed follow-up. We did not exclude patients with osteoporosis. The study was carried out in accordance with the Declaration of Helsinki, with the written consent of each patient and the agreement of the local head of the National Commission for Information Technology and Civil Liberties (CNIL).

2. Data collection

The period of inclusion extended from March 2017 to May 2019. We collected epidemiological, surgical, radiological, and clinical data for each patient who wished to participate in the study at a preoperative phase and then at 3 months, 1 year and 2 years. Epidemiological data at surgery included age, gender, height and weight. The flowchart of the study appears on figure 1.

Surgical data included duration at last follow-up (LFU), side, the model of prosthesis: Uni Alpina® (Zimmer, Warsaw, IN, USA) or Uni Kroma® (SERF, Décines-Charpieu, France) and whether the surgery was performed on an outpatient basis. Clinical data included the range of mobility (ROM) for each knee and the Oxford Knee Score (OKS) validated in its French version [54]. This clinical score gave a result between 12 points (excellent result) and 60 points (the worst result). We arbitrary separated the cohort in two groups: good result (OKS ≤18) and

mixed results (OKS >18). For us, OKS ≤18 signed a success of the procedure and was the aim of this surgery.

3. Surgery techniques

The aim of UKA was the conservation of knee kinematics restoring the 3D joint line orientation of native medial compartment which is a resurfacing technique. The prosthetic implant replaced the bone defect of the different cuts and the cartilage's loss. Tibial implantation respected the frontal epiphyso-metaphyseal axis of the proximal tibia. It was parallel to the ground when walking and orthogonal with the cancellous bone epiphyseal trabeculae but the knee kept a residual moderate varus (HKA<180°). In the lateral view, we preserved the posterior tibial slope to keep the medial collateral ligament safe in flexion. Both prostheses used in this study (Uni Alpina® and Uni Kroma®) had a 3 mm thick metal baked titanium tibial implant with spray titanium T40 and a hydroxylapatite (T40+HA) coating. It had a sagittal plate and a 6mm diameter, 35 mm long titanium screw fixed in a 10 mm diameter plot. The ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) implant (minimum 6 mm in thickness) was flat and clipped into the tibial implant. We used an uncemented femoral implant made of cobalt-chromium, with a T40 + HA coating, with two plots. This technique used an operator-dependent mechanical cutting system.

4. Radiographic evaluation and texture analysis of radiographic images

The digital radiological assessment included a goniometry, antero-posterior and lateral radiographs with a weight bearing patient. The frontal radiograph was obtained following a strict protocol established with the radiologists. A 1-meter tube-to-film distance, a 10 mAs intensity, and 52 kV/s tension were used. Fluoroscopy checked the position of the knee with the aim of seeing the cancellous bone under the prosthesis, the sagittal plate and the tibial

implant in a horizontal "L" form (figure 2). The beam was perpendicular to the midshaft of the femur and the tibia and pointing out at the joint line. We placed an aluminum plate with three squares of three centimeters side between the patient's legs or beside the knee and at the knee level. Each square of the plate had a different thickness ranging from 4 to 12 millimeters, to serve as a radio-opacity reference. This allowed us to standardize the size and the grey levels for all radiographs using the Photoshop® software (345 Park Avenue, San Jose, CA, USA).

The radiological measurements included (Figures 3 and 4 [26]):

- Pre- and post-operative Hip-Knee-Ankle Angle (HKA). HKA < 180° was a genu varum and > 180° a genu valgum. Angular correction corresponded to a reduction of the preoperative deformation of the knee. An overcorrection was a postoperative valgus knee (HKA > 180°).
- Pre- and post-operative posterior tibial slope (PTS) and its angular correction. PTS was positive in flexion and negative in recurvatum.
- Femoro-tibial joint space height (H) and its absolute value. Femoro-tibial joint space height was positive if the prosthetic shin tray was higher than the lateral femorotibial joint space.
- Intraprosthetic divergence (D). Intraprosthetic divergence was the angle between the femoral component and the orthogonal line of the shin tray.
- Frontal obliquity of the tibial implant measured tibial component obliquity relative to the lateral femoro-tibial joint space (O). Frontal obliquity was positive if the tibial component was in varus.
- Ankle-Knee-Implant (AKI) angle. AKI angle was over 90° if the tibial component was in valgus.

The presence or not of radiolucent lines (and their characteristics) in zones 1 to 5 was recorded (figure 2). In this study, we separated the bone implant surfaces into two categories according

to the design of the implant used. Zone 5 was considered non-bearing (and could be confounded with the saw cut) and the others were considered important for implant fixation.

The digital X-ray images were analysed with MaZdA, a texture analysis software developed since 1998 during the COST-B11 European project for analysis of MRI images (Institute of Electronics, Technical University of Lodz, Poland). The freeware is available at http://www.eletel.p.lodz.pl/programy/mazda/. We determined texture parameters on the X-ray images with the run length distribution method in the horizontal and vertical directions [47,55] in four regions of interest (ROI). Within an image, consecutive pixels of the same grey value in a given direction constitute a run. The following parameters were calculated:

- RLN - run-length non-uniformity; it measures the similarities of the length of the runs throughout the image. RLN is smaller if the number of runs of same lengths increases throughout the image,
- GLN - grey level non uniformity, it measures the similarity of grey level values throughout the image. GLN is smaller if the number of runs of same grey level values increases throughout the image,
- LRE - long run emphasis; it is highly dependent on the occurrence of long runs and is high for coarse structural textures,
- SRE – short run emphasis; it is highly dependent on the occurrence of short runs and is high for fine structures,
- FIR - Fraction of image in runs; it measures the homogeneity and the distribution of runs of an image. FIR is a measure of the percentage of image pixels that are part of any of the runs. FIR is high for an image with a homogenous texture.
- M – Grey level mean of the ROI: Hight result correspond to higher density.

In the following text and tables, all these acronyms are preceded by V for "vertical" or H for "horizontal".

For a detailed mathematical description of these parameters, see [47,55]. All texture parameters were expressed in arbitrary units.

Prior to the analysis, we determined four regions of interest (ROI 1 to ROI 4). A reproducibility analysis was necessary for each patient and for each X-ray and we used the standardization described by Scott et al., [23] (figures 5 and 6). Figure 7 shows the aspect on the software's screen with different pseudo-colours highlighting each ROI.

5. Statistical analysis

The statistical analysis has been performed with Graph Pad Prism release 6.0 (Graphpad software, San Diego CA 92108, USA). Results were expressed as a mean ± standard deviation and qualitative variables were expressed as a number (percentage). Epidemiological, surgical, radiological, and clinical data were compared between two groups with an arbitrary cut-off (Oxford ≤18 or Oxford >18) at the last follow-up.

We compared proportions between the two groups using Pearson's Chi^2 test with systematic Yate correction adapted to a small population. If any of the groups in the contingency table had a size ≤5, an exact Fisher's test was used. Comparisons of means were obtained using a Student t-test when the values were normally distributed and a non-parametric Mann-Whitney test otherwise. The normality of the distributions was verified using a Shapiro-Wilk test. The threshold of significance was $p < 0.05$.

RÉSULTS

1. Patients

Between March 2017 and May 2019, we included 100 UKA in 96 patients. The mean follow-up was 22 ± 7 months (12 to 38).

We excluded 6 UKA implanted on the lateral compartment, 2 for a previous tibial valgus osteotomy (OTV), 8 for the absence of a standard on the initial X-ray, 20 UKA with lost to follow-up, or no possibility to perform postoperative X-ray controls or OKS. Finally, 3 patients had an early failure with revision by a TKR (One per operative tibial medial tray fracture with osteosynthesis failure and prosthesis loosening at 4 months, 1 traumatic fracture with prosthesis loosening at 7 months, 1 early aseptic loosening of the tibial implant at 5 months). There was no infection and no thromboembolic events with the 61 remaining patients.

2. Comparison

The epidemiological data of the population are presented in Table I together with the comparison between low OKS ≤18 and high OKS >18. A significant difference was observed between the ROM of the two groups at the last follow-up since the mobility was part of the success of UKA assessed by the OKS. We had no difference in other characteristics even in preoperative OKS.

The radiographic features are presented in Table II together with comparison between both groups (low OKS ≤18 and high OKS >18). There was no difference between the two groups in radiographic features.

Bone microarchitecture analyses derived from X-ray texture analysis, in preoperative and final follow-up are shown in Tables III and IV with their comparisons between both groups (low OKS ≤18 and high OKS >18).

A significant difference was obtained between the two groups when considering the preoperative values for VRLN and VLRE in ROI 1. Similar findings were obtained for M, HLRE, HSRE, HFIR, VLRE, VSRE, VFIR in ROI 2 and 3. We did not have any significant differences in ROI 4.

A significant difference between the two groups was obtained when analyzing the last follow-up data for M in ROI 2. However, no difference was observed in ROIs 1, 3 and 4.

The evolution of the different bone microarchitecture parameters is reflected in figure 8. The trend did not differ from one ROI to another. The values of HGLN, HLRE, VGLN and VLRE tended to increase in all ROIs. The values for M, HRLN, HSRE, HFIR, VRLN, VSRE and VFIR showed a decreasing trend in all ROIs.

Tables V and VI showed the assessment of radiolucent lines. Nineteen patients had at least one zone with radiolucent line. However, no pathological or complete radiolucent lines was observed in our study. Two patients had one line in three zones and the others had 2, 1 or 0 affected zones.

Table V showed the overall population data and the comparison between the two groups with and without the presence of radiolucent lines. The presence of a radiolucency in the bone-implant surface was statistically associated with a better clinical outcome and a less angular correction.

Table VI showed the overall population data and the comparison between two groups with and without the presence of radiolucent lines in zones 1, 2, 3 or 4 which are considered as weight-bearing. Ten patients had at least one of these four zones with a radiolucency. The presence of a radiolucency in the bone-implant surface in zones 1, 2, 3 or 4 was not statistically associated with epidemiologic, radiographic, or clinical criteria.

DISCUSSION

1. Bone texture analysis

Looking at the bone architecture, we can see some changes between the pre-operative and the post-operative X rays images but it is difficult to be precise about this perception and difficult to quantify these parameters (figure 9), enhance the use of texture analysis.

Texture is usually defined as «a global pattern arising from the repetition, either deterministically or randomly, of local sub-patterns» [56]. Sub-patterns are sometimes referred to as "primitive elements" in the image analysis literature (e.g., a tile is a primitive in a mosaic). Texture analysis techniques are based on mathematical morphology and the run-length method capture the coarseness of a texture in specified directions. Here, the vertical and horizontal directions were considered. Run-length analysis is a powerful method to study the non-uniform variations in intensity which form repeated patterns within an X-ray image [57,58]. The method was first introduced by Galloway and can provide information according to the direction of pixels in an anisotropic image (which is defined by the change of features according to the studied direction) [55]. Texture analysis has been reported to be a powerful tool to appreciate bone microarchitecture in 2D on X-ray or CT images in osteoporotic patients [53,59–61]. The parameters obtained with this method strongly support the correlation with bone histomorphometry and microcomputed tomography (micro-CT) parameters of bone microarchitecture [50,53].

In the present series, the values for HGLN, HLRE, VGLN and VLRE tended to increase. On the other hand, the values for M, HRLN, HSRE, HFIR, VRLN, VSRE and VFIR showed a decreasing trend (Figure 8). These results corresponded to an increase in coarse texture and a decrease in fine texture in the vertical and horizontal directions. This highlighted the multiplication of grey levels and an uniformization of run lengths. Clearly speaking, this would correspond to a

decrease in bone density and the adaptative evolution to an inhomogeneous microarchitecture. These results agree with the decrease of bone strains which may create a loss of density and a reorganization of normal inhomogeneous and anisotropic microarchitecture with thick trabeculae in the two directions [62].

In Table III (Preoperative X-rays) UKA characterized by increased M, HSRE, VSRE, HFIR and VFIR in ROIs 2 and 3, increased VRLN in ROI 1, decrease VLRE in ROI 1, 2 and 3 in preoperative values are correlated with a better clinical outcome. Similarly, Table IV showed a better outcome if the density in the ROI 2 decrease significantly in this weight-bearing zone. All these modifications were correlated with changes in stresses on bone under the UKA, after knee varus correction.

When studying bone microarchitecture of iliac bones by texture analysis, Guggenbuhl et al., found a relationship between trabecular number and VGLN [53]. Chappard et al., found an inversed correlation between SRE and trabecular number and between GLN and trabecular separation [50]. We can conclude that good candidates for UKA implantation were patients with trabecular bone changes on preoperative radiographs (densification, loss of anisotropy, misidentification of vertical and horizontal thick trabeculae reduction of the number of trabeculae). These patients had a better clinical outcome after UKA implantation. The hypothesis of a statistical correlation between preoperative bone microarchitecture (and its evolution) and clinical outcomes in UKA has been confirmed.

2. Epidemiologic comparison of our cohort with data from the literature

Our cohort was comparable to larger UKA cohorts published in the literature. The mean age at surgery time was 69±9 years (69.5±8 for Chatellard et al., and 67±8 for Collier et al., [26,27]) and the proportion of women was 38% (62% et 41% in the Chatellard's and Collier's cohorts

[26,27]). A mean BMI of 31 ± 5 kg/m² (27.7 ± 4 in [26]). The preoperative and postoperative HKA angle means were respectively 174.1 ± 3.4° and 176 ± 3.4° (other series report 173° and 177°, 173.9° and 176.4° [26,31]). The mean knee ROM was 123 ± 12.7 ° (128° for Vasso et al., [8] and 122° for Walker et al., [11]). The joint line height modification was 0mm for 16% of the cohort, 23% of 1mm, 21% of 2mm, 10% of 3mm, 29% >3mm vs 38%, 19%, 25%, 17% and 13% in [26]. The tibial implant varus was 1.3 ± 3.5 *vs*. 0.8 ± 3.4 in [26]. 25% of valgus, 50% of 0 to 3° varus and 25% of varus >3° were noticed in our study *vs*. respectively 11%, 49% and 40% in [26]. The posterior tibial slope was 4 ± 5° *vs*. 3.2 ± 3.6° in [26] and its variation was 0.25 ± 5° *vs* 0.19 ± 3.9° with a wide range in both: -14° to 20° for Chatellard et al., [26] and -14.6° to 10° in the present study. The mismatch between the components was 4.3 ± 3.7° for us *vs*. 4.8 ± 6° for [26] and a wide range of values was obtained in both series.

Table VII showed the comparison between our study and Chatellard's series [26]. The two cohorts had a significant difference in mean follow-up, percentage of women, mean BMI and percentage of O>3°.

Our series corresponded to a classic population of patients who needed a UKA and both the implants positioning, and the joint correction corresponded to those of larger published series.

3. Relationship comparison between our study and literature in outcomes and radiolucent lines

Ewald et al., showed the usefulness of description of well-defined zones around at the bone implant surface in TKR [63]. It enables to describe the radiolucent lines as complete or incomplete with radiolucent lines in all zones or not. Goodfellow et al., describe two types of radiolucent lines: physiological and pathological. The former are < 2mm thick, well defined, and accompanied by a parallel radiodense line, whereas the latter are > 2mm thick, ill defined,

and lacking accompanying radiodense lines [64,65]. These definitions are used in several studies [66,67].

In our series, 31% of UKA presented radiolucent lines. However, neither complete nor pathological radiolucent lines were encountered.

Pandit et al., reported 7% of partial radiolucent lines and no complete in cementless implants [66]. They also showed the presence of more radiolucent line in cemented implants *vs*. uncemented at one year follow-up with no difference in the clinical outcome [66].

In a study with a five year follow-up, Gulati et al., found 30% complete and 32% partial radiolucent lines in the bone implant surface of the tibia and 37% without [67]. They also showed a high proportion of physiological radiolucent lines at five-year follow-up in uncemented UKR and no relationship with clinical outcome and patients' factors [67].

Goodfellow et al., found 96% radiolucent lines and Pandit found 75% radiolucent lines all in cemented implants at 1 year follow-up [64,66]. They separated the bone-implant surfaces according to the weight bearing or not surface. The same methodology was applied in our study.

In our series, the correlation between radiolucent line and less angular correction may be explained by the constraints over medial tibial implant which stay high in a residual varus knee. The correlation between radiolucent line and less pain is difficult to explain without any other analysis.

4. Outcomes and implant positioning relationship

Our study did not highlight a relation between implantation criteria and clinical outcome.

The aim of the studies conducted by Collier et al., and Chatellard et al., [26,27] was to determine the factors associated with a surgical revision of the UKA or its loosening and not to

evaluate their influence in functional scores. They had a longer follow-up compared to our study and this can be the reason why we did not observe difference in outcomes related to implant positioning between the two groups.

Zuiderbaan et al., showed that a better outcome occurred in patient with a 1 to 4° postoperative varus in patient under 65 years. They also report no statistically significant association between outcome and BMI, gender, and preoperative severity. In the present series, these characteristics were not significantly associated with the patient outcome.

5. Study limitations

The limitations of our study were the small number of patients (61), the short follow-up (<2 years) and an important proportion of non-available X-ray data (20 patients). A high number of cancelled visits by the patients were due to the COVID-19 pandemic during 2020.

This highlights the difficulty of collecting good X-rays despite a clear protocol with the radio operators. Other studies had the same problem. Gulati et al., had 161 available X-rays on 211 UKA procedures (24% of loss). They showed the difficulty to obtain a good view of bone-implant interface. In their paper, on the same knee, a 2° tilt of the image intensifier led to an unavailable view [67]. Texture analysis was performed in important volumes of bone and made difficult a more accurate analysis of local modifications under the tibial implant.

6. Study strengths

Texture characteristics obtained on X-ray images are not used in routine practice to assess the trabecular bone quality and its evolution after a UKA. Our study is innovating because it attempts to find a relationship between preoperative texture characteristics and the clinical and X-rays images outcomes.

CONCLUSION

A link between preoperative texture analysis of the proximal tibia on X-rays and the clinical outcome of UKA was evidenced in our series. These results showed a difference in early outcome with short follow-up but the survival of the prosthesis at 5 or 10 years could not be analyzed and cannot be predicted by this study. They also need to be confirmed in larger cohorts with longer follow-up to have a view on the long-term survival of the UKA. A texture analysis software on digital X-rays images could be used as an additional argument when the surgeon plans an UKA.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors Pelletier Simon, Doctor Robert Henri and Professor Chappard Daniel do not have any conflicts of interest related to this study.

REFERENCES

1. Wilson HA, Middleton R, Abram SGF, Smith S, Alvand A, Jackson WF, et al. Patient relevant outcomes of unicompartmental versus total knee replacement: systematic review and meta-analysis. BMJ. 2019 Feb 21;l352:1-17.
2. Kleeblad LJ, van der List JP, Zuiderbaan HA, Pearle AD. Larger range of motion and increased return to activity, but higher revision rates following unicompartmental versus total knee arthroplasty in patients under 65: a systematic review. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2018 Jun;26(6):1811–22.
3. Liddle AD, Pandit H, Judge A, Murray DW. Patient-reported outcomes after total and unicompartmental knee arthroplasty: a study of 14 076 matched patients from the National Joint Registry for England and Wales. Bone Jt J. 2015 Jun;97-B(6):793–801.
4. Pandit H, Jenkins C, Barker K, Dodd C a. F, Murray DW. The Oxford medial unicompartmental knee replacement using a minimally-invasive approach. J Bone Joint Surg Br. 2006 Jan;88(1):54–60.
5. Pandit H, Jenkins C, Gill HS, Barker K, Dodd CAF, Murray DW. Minimally invasive Oxford phase 3 unicompartmental knee replacement: Results of 1000 cases. J Bone Joint Surg Br. 2011 Feb;93-B(2):198–204.
6. Van der List JP, Sheng DL, Kleeblad LJ, Chawla H, Pearle AD. Outcomes of cementless unicompartmental and total knee arthroplasty: A systematic review. The Knee. 2017 Jun;24(3):497–507.
7. Lecuire F, Berard JB, Martres S. Minimum 10-year follow-up results of ALPINA cementless hydroxyapatite-coated anatomic unicompartmental knee arthroplasty. Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol. 2014 Apr;24(3):385–94.

8. Vasso M, Del Regno C, Perisano C, D'Amelio A, Corona K, Schiavone Panni A. Unicompartmental knee arthroplasty is effective: ten year results. Int Orthop. 2015 Dec;39(12):2341–6.

9. Parratte S, Ollivier M, Lunebourg A, Abdel MP, Argenson J-N. Long-term results of compartmental arthroplasties of the knee: Long term results of partial knee arthroplasty. Bone Jt J. 2015 Oct;97-B(10 Suppl A):9–15.

10. Campi S, Pandit HG, Oosthuizen CR. The Oxford Medial Unicompartmental Knee Arthroplasty: The South African Experience. J Arthroplasty. 2018 Jun;33(6):1727–31.

11. Walker T, Hetto P, Bruckner T, Gotterbarm T, Merle C, Panzram B, et al. Minimally invasive Oxford unicompartmental knee arthroplasty ensures excellent functional outcome and high survivorship in the long term. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2019 May;27(5):1658–64.

12. Kozinn SC, Scott R. Unicondylar knee arthroplasty. J Bone Joint Surg Am. 1989 Jan;71(1):145–50.

13. Hamilton TW, Pandit HG, Jenkins C, Mellon SJ, Dodd CAF, Murray DW. Evidence-based indications for mobile-bearing unicompartmental knee arthroplasty in a consecutive cohort of thousand knees. J Arthroplasty. 2017 Jun;32(6):1779–85.

14. Sébilo A, Casin C, Lebel B, Rouvillain J-L, Chapuis S, Bonnevialle P. Clinical and technical factors influencing outcomes of unicompartmental knee arthroplasty: Retrospective multicentre study of 944 knees. Orthop Traumatol Surg Res. 2013 Jun;99(4):S227–34.

15. Vincelot-Chainard C, Robert H. Indications classiques des prothèses unicompartimentales de genou. In: La prothèse unicompartimentale de genou: vers un nouveau paradigme. Sauramps Medical; 2020. p. 41–53.

16. Ruiz N, Buisson X, Filippi G, Roulet M, Robert H. Ambulatory unicompartmental knee arthroplasty: Short outcome of 50 first cases. Orthop Traumatol Surg Res. 2018 Nov;104(7):961–6.

17. Pollock M, Somerville L, Firth A, Lanting B. Outpatient total hip arthroplasty, total knee arthroplasty, and unicompartmental knee arthroplasty: a systematic review of the literature. JBJS Rev. 2016 Dec 27;4(12):1–15.

18. Hansen EN, Ong KL, Lau E, Kurtz SM, Lonner JH. Unicondylar knee arthroplasty has fewer complications but higher revision rates than total knee arthroplasty in a study of large United States databases. J Arthroplasty. 2019 Aug;34(8):1617–25.

19. Hang JR, Stanford TE, Graves SE, Davidson DC, de Steiger RN, Miller LN. Outcome of revision of unicompartmental knee replacement: 1,948 cases from the Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry, 1999–2008. Acta Orthop. 2010 Feb;81(1):95–8.

20. Pearse AJ, Hooper GJ, Rothwell A, Frampton C. Survival and functional outcome after revision of a unicompartmental to a total knee replacement: THE NEW ZEALAND NATIONAL JOINT REGISTRY. J Bone Joint Surg Br. 2010 Apr;92-B(4):508–12.

21. Epinette JA, Leyder M, Saragaglia D, Pasquier G, Deschamps G. Is unicompartmental-to-unicompartmental revision knee arthroplasty a reliable option? Case-control study. Orthop Traumatol Surg Res. 2014 Feb;100(1):141–5.

22. Lunebourg A, Parratte S, Ollivier M, Abdel MP, Argenson J-NA. Are Revisions of Unicompartmental Knee Arthroplasties More Like a Primary or Revision TKA? J Arthroplasty. 2015 Nov;30(11):1985–9.

23. Scott CEH, Wade FA, Bhattacharya R, MacDonald D, Pankaj P, Nutton RW. Changes in Bone Density in Metal-Backed and All-Polyethylene Medial Unicompartmental Knee Arthroplasty. J Arthroplasty. 2016;31(3):702–9.

24. Epinette J-A, Brunschweiler B, Mertl P, Mole D, Cazenave A. Unicompartmental knee arthroplasty modes of failure: Wear is not the main reason for failure: A multicentre study of 418 failed knees. Orthop Traumatol Surg Res. 2012 Oct;98(6):S124–30.

25. Baker PN, Petheram T, Avery PJ, Gregg PJ, Deehan DJ. Revision for unexplained pain following unicompartmental and total knee replacement. J Bone Joint Surg Am. 2012 Sep 5;94(17):e126(1-7).

26. Chatellard R, Sauleau V, Colmar M, Robert H, Raynaud G, Brilhault J. Medial unicompartmental knee arthroplasty: Does tibial component position influence clinical outcomes and arthroplasty survival? Orthop Traumatol Surg Res. 2013 Jun;99(4):S219–25.

27. Collier MB, Eickmann TH, Sukezaki F, McAuley JP, Engh GA. Patient, implant, and alignment factors associated with revision of medial compartment unicondylar arthroplasty. J Arthroplasty. 2006 Sep;21(6 Suppl 2):108–15.

28. Zuiderbaan HA, van der List JP, Chawla H, Khamaisy S, Thein R, Pearle AD. Predictors of subjective outcome after medial unicompartmental knee arthroplasty. J Arthroplasty. 2016 Jul;31(7):1453–8.

29. Barbadoro P, Ensini A, Leardini A, d'Amato M, Feliciangeli A, Timoncini A, et al. Tibial component alignment and risk of loosening in unicompartmental knee arthroplasty: a radiographic and radiostereometric study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2014 Dec;22(12):3157–62.

30. Hernigou P, Deschamps G. Posterior slope of the tibial implant and the outcome of unicompartmental knee arthroplasty. J Bone Joint Surg Am. 2004 Mar;86(3):506–11.

31. Hernigou P, Deschamps G. Alignment influences wear in the knee after medial unicompartmental arthroplasty. Clin Orthop. 2004 Jun;(423):161–5.

32. Small SR, Berend ME, Rogge RD, Archer DB, Kingman AL, Ritter MA. Tibial Loading After UKA: Evaluation of Tibial Slope, Resection Depth, Medial Shift and Component Rotation. J Arthroplasty. 2013 Oct;28(9):179–83.

33. Vasso M, Del Regno C, D'Amelio A, Moumounigan MG, Corona K, Schiavone Panni A. Minor varus alignment provides better results than neutral alignment in medial UKA. The Knee. 2015 Mar;22(2):117–21.

34. Schraknepper J, Dimitriou D, Helmy N, Hasler J, Radzanowski S, Flury A. Influence of patient selection, component positioning and surgeon's caseload on the outcome of unicompartmental knee arthroplasty. Arch Orthop Trauma Surg. 2020 Jun;140(6):807–13.

35. Becher C, Beckmann J, von Eisenhart-Rothe R, Hirschmann M, Holz J, Franz A, et al. Unicondylar tibiofemoral arthroplasty - Opinions of the members of the German Knee Society (DKG) and the German Professional Association of Orthopaedic and Trauma Specialists (BVOU). Z Orthopadie Unfallchirurgie. 2021 Feb;159(1):47–53.

36. Antoniadis A, Dimitriou D, Canciani JP, Helmy N. A novel preoperative scoring system for the indication of unicompartmental knee arthroplasty, as predictor of clinical outcome and satisfaction. Arch Orthop Trauma Surg. 2019 Jan;139(1):113–20.

37. Fyhrie DP. Summary--Measuring "bone quality." J Musculoskelet Neuronal Interact. 2005 Dec;5(4):318–20.

38. Felsenberg D, Boonen S. The bone quality framework: Determinants of bone strength and their interrelationships, and implications for osteoporosis management. Clin Ther. 2005 Jan;27(1):1–11.

39. Mirsky EC, Einhorn TA. Bone densitometry in orthopaedic practice. J Bone Joint Surg Am. 1998 Nov;80(11):1687–98.

40. Chappard D, Chennebault A, Moreau M, Legrand E, Audran M, Basle MF. Texture analysis of X-ray radiographs is a more reliable descriptor of bone loss than mineral content in a rat model of localized disuse induced by the Clostridium botulinum toxin. Bone. 2001 Jan;28(1):72–9.

41. Chappard D, Baslé MF, Legrand E, Audran M. New laboratory tools in the assessment of bone quality. Osteoporos Int. 2011 Aug;22(8):2225–40.

42. Lespessailles E, Chappard C, Bonnet N, Benhamou CL. Imaging techniques for evaluating bone microarchitecture. Jt Bone Spine Rev Rhum. 2006 May;73(3):254–61.

43. Cosman F, Herrington B, Himmelstein S, Lindsay R. Radiographic absorptiometry: A simple method for determination of bone mass. Osteoporos Int. 1991 Jan;2(1):34–8.

44. Mabilleau G, Mieczkowska A, Libouban H, Simon Y, Audran M, Chappard D. Comparison between quantitative X-ray imaging, dual energy X-ray absorptiometry and microCT in the assessment of bone mineral density in disuse-induced bone loss. J Musculoskelet Neuronal Interact. 2015;15(1):42–52.

45. Hernandez-Vaquero D, Garcia-Sandoval MA, Fernandez-Carreira JM, Suarez-Vázquez A, Perez-Hernández D. Measurement of bone mineral density is possible with standard radiographs: a study involving total knee replacement. Acta Orthop. 2005 Dec;76(6):791–5.

46. Caldwell CB, Moran EL, Bogoch ER. Fractal dimension as a measure of altered trabecular bone in experimental inflammatory arthritis. J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res. 1998 Jun;13(6):978–85.

47. Szczypiński PM, Strzelecki M, Materka A, Klepaczko A. MaZda--a software package for image texture analysis. Comput Methods Programs Biomed. 2009 Apr;94(1):66–76.

48. Ollivier M, Le Corroller T, Blanc G, Parratte S, Champsaur P, Chabrand P, et al. Radiographic bone texture analysis is correlated with 3D microarchitecture in the

femoral head, and improves the estimation of the femoral neck fracture risk when combined with bone mineral density. Eur J Radiol. 2013 Sep;82(9):1494–8.

49. Ranjanomennahary P, Ghalila SS, Malouche D, Marchadier A, Rachidi M, Benhamou C, et al. Comparison of radiograph-based texture analysis and bone mineral density with three-dimensional microarchitecture of trabecular bone. Med Phys. 2011 Jan;38(1):420–8.

50. Chappard D, Guggenbuhl P, Legrand E, Baslé MF, Audran M. Texture analysis of X-ray radiographs is correlated with bone histomorphometry. J Bone Miner Metab. 2005;23(1):24–9.

51. Marchand-Libouban H, Guillaume B, Bellaiche N, Chappard D. Texture analysis of computed tomographic images in osteoporotic patients with sinus lift bone graft reconstruction. Clin Oral Investig. 2013 May;17(4):1267–72.

52. Blouin S, Moreau MF, Baslé MF, Chappard D. Relations between radiograph texture analysis and microcomputed tomography in two rat models of bone metastases. Cells Tissues Organs. 2006;182(3–4):182–92.

53. Guggenbuhl P, Bodic F, Hamel L, Baslé MF, Chappard D. Texture analysis of X-ray radiographs of iliac bone is correlated with bone micro-CT. Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA. 2006;17(3):447–54.

54. Jenny J-Y, Diesinger Y. Validation of a French version of the Oxford knee questionnaire. Orthop Traumatol Surg Res. 2011 May;97(3):267–71.

55. Galloway MM. Texture analysis using gray level run lengths. Comput Graph Image Process. 1975 Jun;4(2):172–9.

56. Zucker SW, Terzopoulos D. Finding structure in Co-occurrence matrices for texture analysis. Comput Graph Image Process. 1980 Mar;12(3):286–308.

57. Tuceryan M, Jain AK. Texture Analysis. In: Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision. C. H. Chen, L. F. Pau and P. S. P. Wang. p. 235–76.

58. Young TY, editor. Handbook of pattern recognition and image processing. 2: Computer vision. Orlando, Fla.: Academic Press; 1994. 584 p. (Handbooks in science and technology).

59. Cortet B, Chappard D, Boutry N, Dubois P, Cotten A, Marchandise X. Relationship between computed tomographic image analysis and histomorphometry for microarchitectural characterization of human calcaneus. Calcif Tissue Int. 2004 Jul;75(1):23–31.

60. Pothuaud L, Benhamou CL, Porion P, Lespessailles E, Harba R, Levitz P. Fractal dimension of trabecular bone projection texture is related to three-dimensional microarchitecture. J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res. 2000 Apr;15(4):691–9.

61. Buckland-Wright JC, Lynch JA, Macfarlane DG. Fractal signature analysis measures cancellous bone organization in macroradiographs of patients with knee osteoarthritis. Ann Rheum Dis. 1996 Oct 1;55(10):749–55.

62. Chappard D, Baslé M-F, Legrand E, Audran M. Trabecular bone microarchitecture: A review. Morphologie. 2008 Dec;92(299):162–70.

63. Ewald FC. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. Clin Orthop. 1989 Nov;(248):9–12.

64. Goodfellow J, O'Connor J, Murray D, Dodd C. Unicompartmental arthroplasty with the Oxford knee. 1ere ed. Oxford ; New York: Oxford University Press; 2006. 208 p.

65. Sarmah SS, Patel S, Hossain FS, Haddad FS.The radiological assessment of total and unicompartmental knee replacements. J Bone Joint Surg Br.2012 Oct;94-B(10):1321–9.

66. Pandit H, Jenkins C, Beard DJ, Gallagher J, Price AJ, Dodd C a. F, et al. Cementless Oxford unicompartmental knee replacement shows reduced radiolucency at one year. J Bone Joint Surg Br. 2009 Feb;91(2):185–9.

67. Gulati A, Chau R, Pandit HG, Gray H, Price AJ, Dodd CAF, et al. The incidence of physiological radiolucency following Oxford unicompartmental knee replacement and its relationship to outcome. J Bone Joint Surg Br. 2009 Jul;91-B(7):896–902.

LEGENDS OF FIGURES

Figure 1: Flow chart of present UKA study.

Figure 2: Description of the zones of appearance of radiolucent lines in a medial UKA. 1: medial plate, 2: lateral plate, 3: medial part of the sagittal wall, 4: around the screw, 5: lateral part of the sagittal wall.

Figure 3: Measurement of H which represents the difference in height between the level of the native lateral femoro-tibial joint space and the prosthetic medial joint space. Note the presence of the aluminum device used for grayscale calibration

Figure 4: Assessment of the implants position in the antero-posterior postoperative radiograph: H: center of the femoral head, K: center of the knee (intersection of the line between the most distal point of the condyles and its perpendicular passing through the middle of tibial spines), A: center of the ankle, I: tangent to the tibial plateau, AKI: tibial implant inclination relative to the tibial mechanical axis, O: angle between tangent to the medial implant and tangent to the lateral joint space, HKA: knee angle, D: intraprosthetic divergence (angle between the axis of the femoral implant and the perpendicular to the tibial implant).

Figure 5: Standardization of the ROIs in an antero-posterior postoperative knee radiograph:

1) drawing of two yellow lines intersecting the cortices;

2) drawing of the mechanical axis of the tibia by tracing the bisector of these two lines;

3) drawing of D1 perpendicular to the axis and passing through the inferior-lateral corner of the prosthetic tibial plateau;

4) measurement of D4: length between D1 and lateral tibial spine on the tibial axis;

5) transfer of the distance D1/2 on the tibial axis under D1 and drawing of D2 the parallel to D1 passing through D1/2 of D1;

6) drawing of D3 two perpendiculars to D1 passing through the section point of D2 with the cortices. The four ROI on post-operative radiographs are thus defined by excluding the cortices, the prosthetic metal, and the fibular head.

Figure 6: Standardization of the ROIs in an antero-posterior preoperative knee radiograph. Same constructs as Figure 5, but for the height of D1 on the tibial axis, the post-operative measurement of D4 is reported. Cortices and the head of the fibula are also excluded.

Figure 7: View of the different ROIs on the MaZda screen before analysis.

Figure 8: Evolution of each texture analysis value in each ROI. LFU stands for "last follow-up"

Figure 9: Evolution of bone architecture on preoperative and two years Xray images. Some changes between the pre-operative and the post-operative radiographs can be seen but it is difficult to be precise on this perception and difficult to quantify these parameters

FIGURES

Figure 1 :

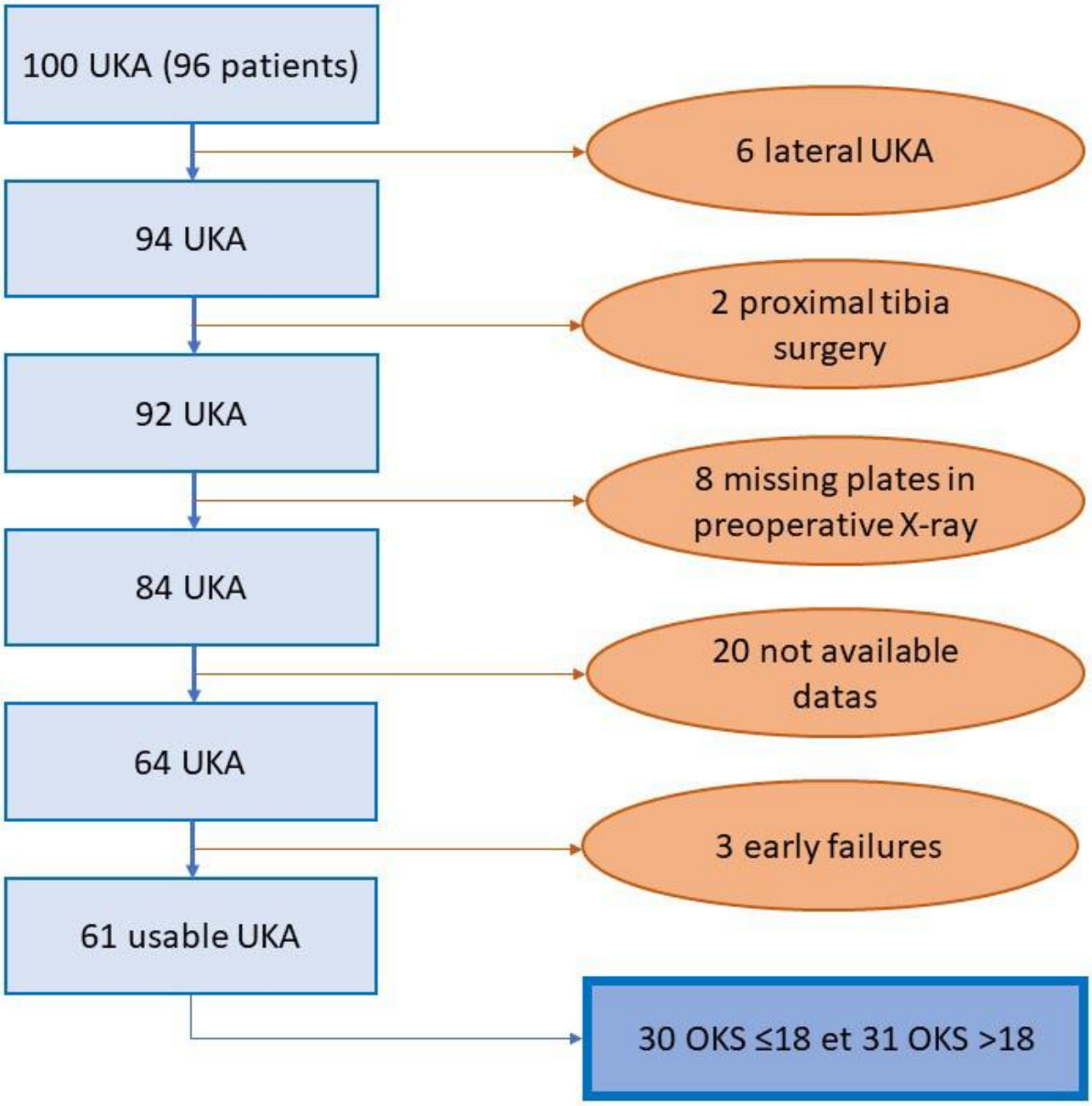


Figure 2 :

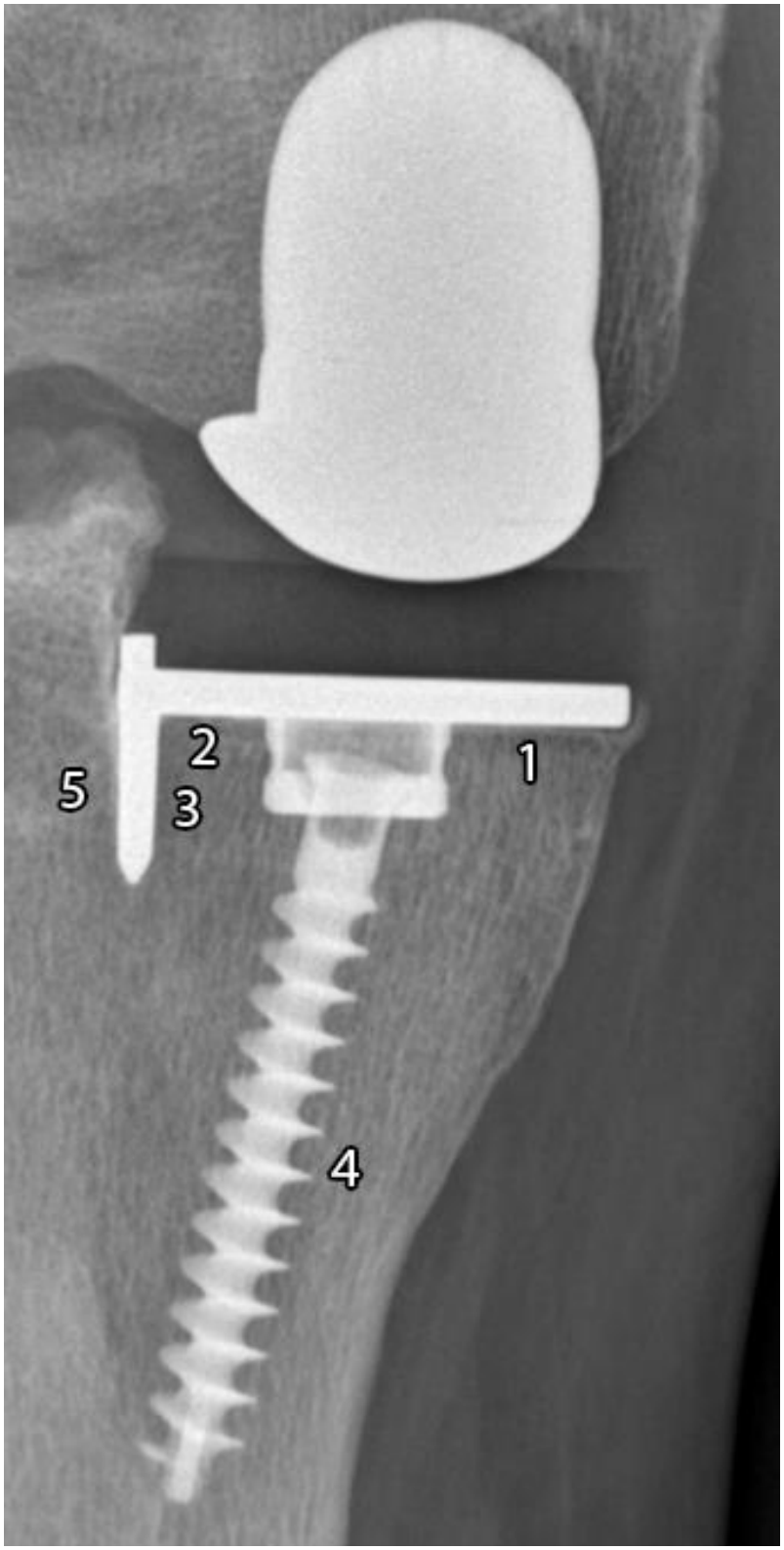


Figure 3 :

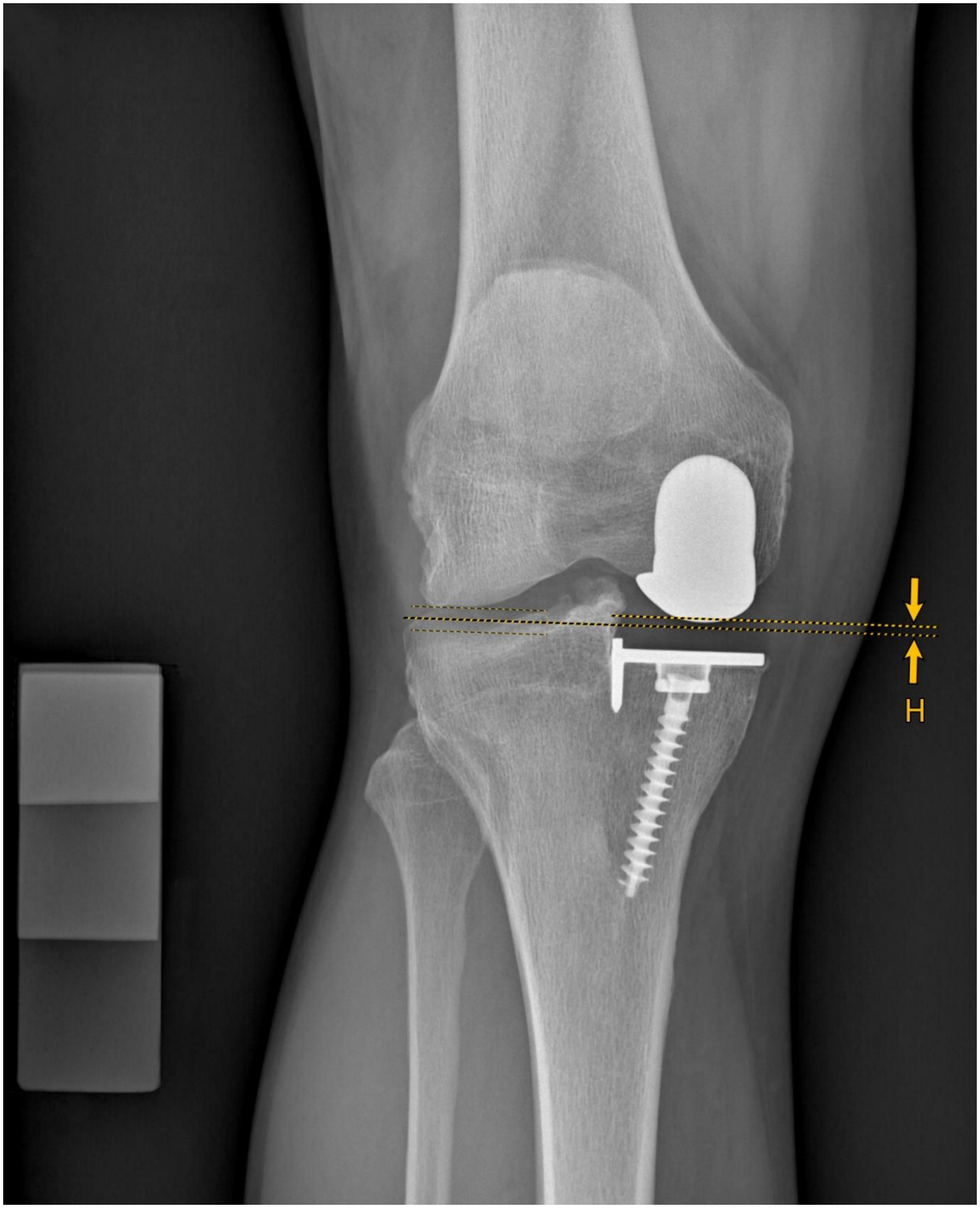


Figure 4 :

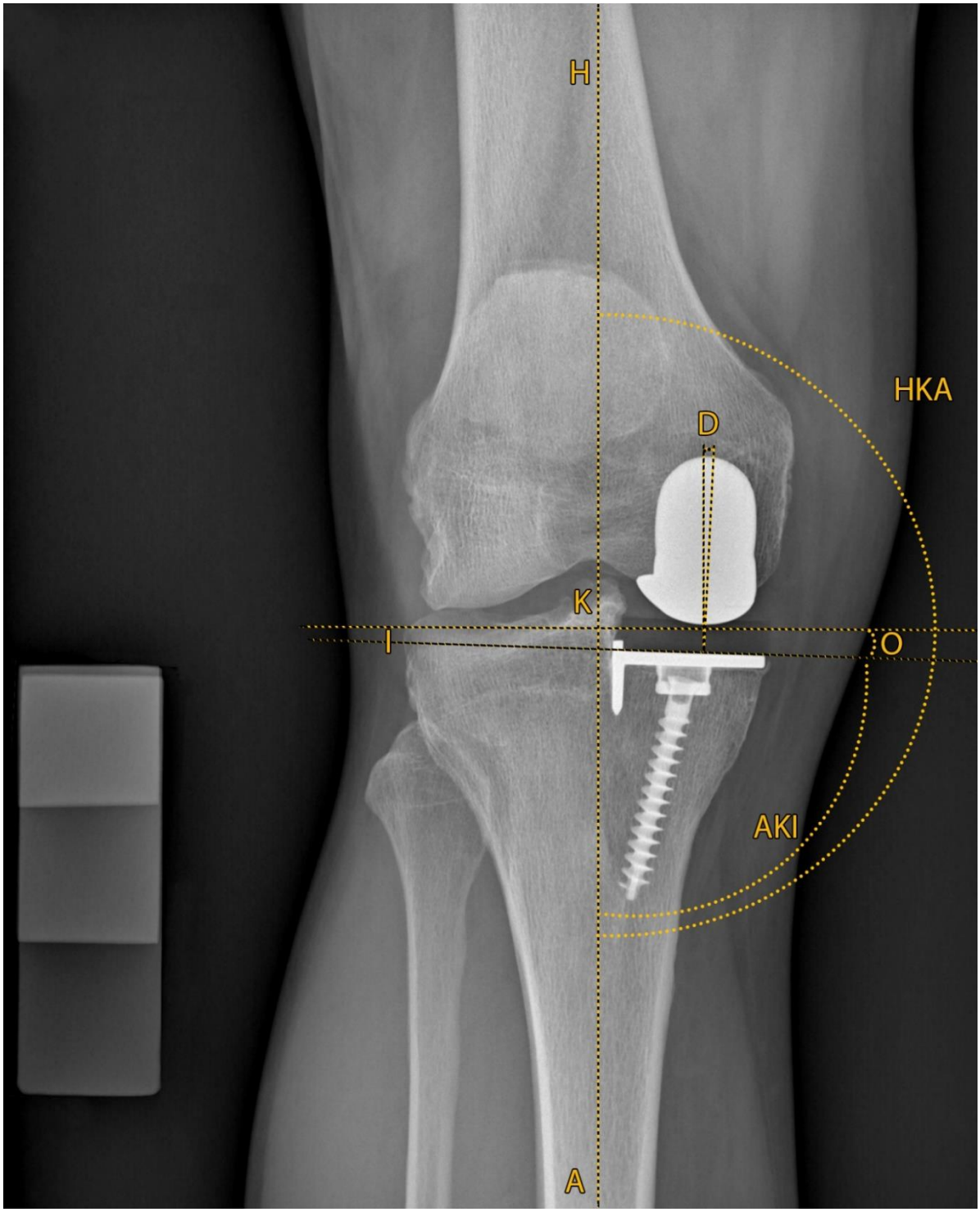


Figure 5 :

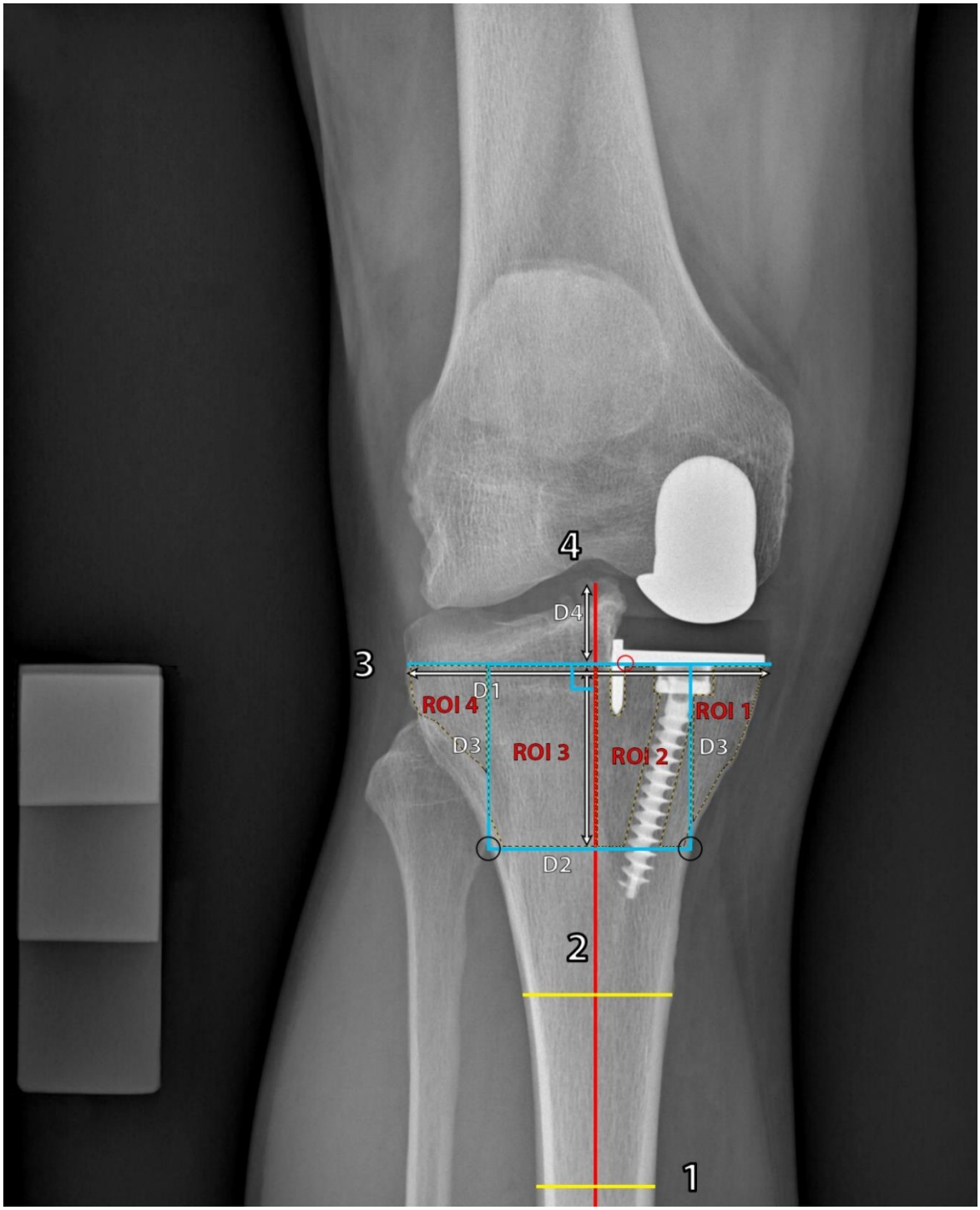


Figure 6 :

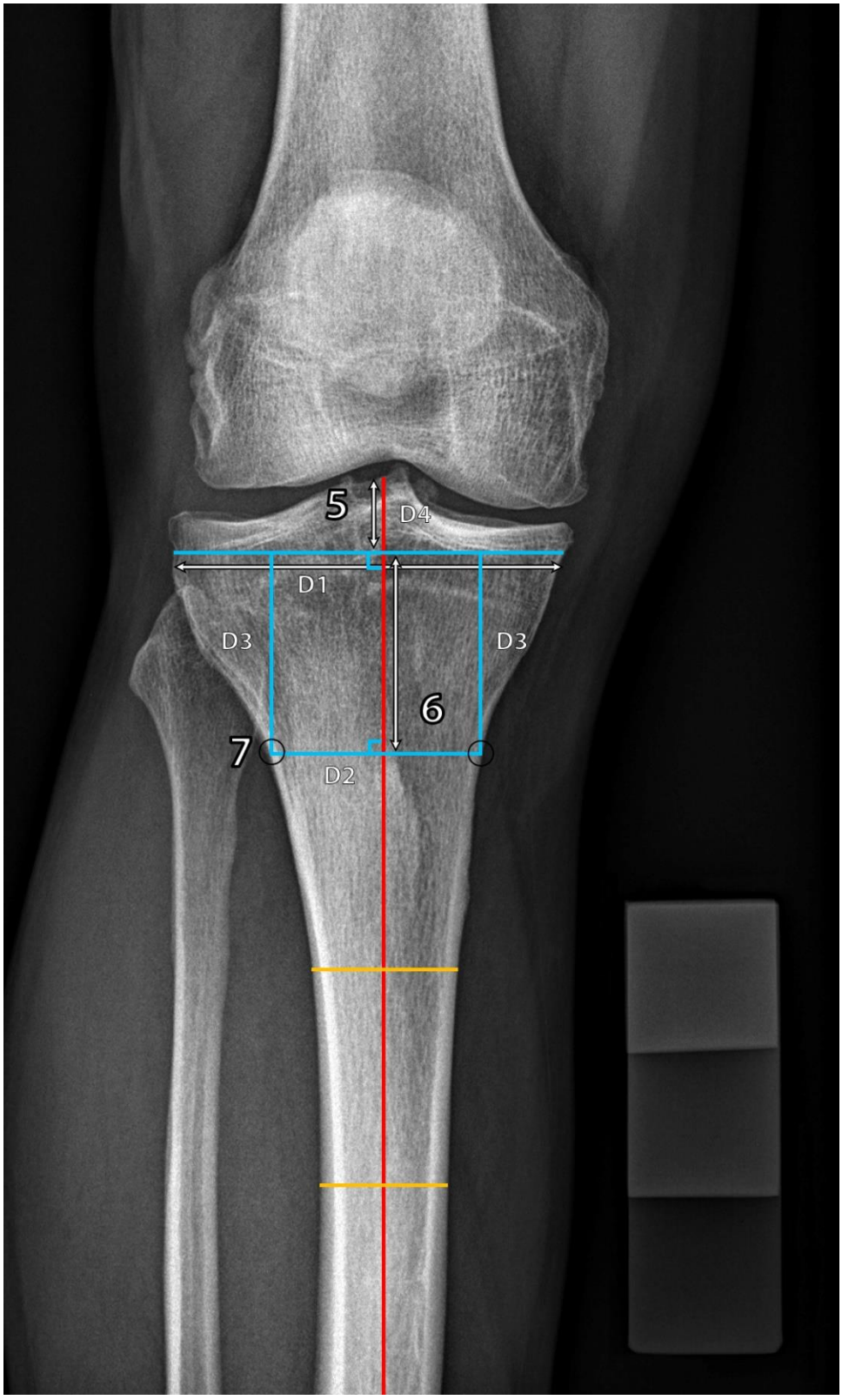


Figure 7 :

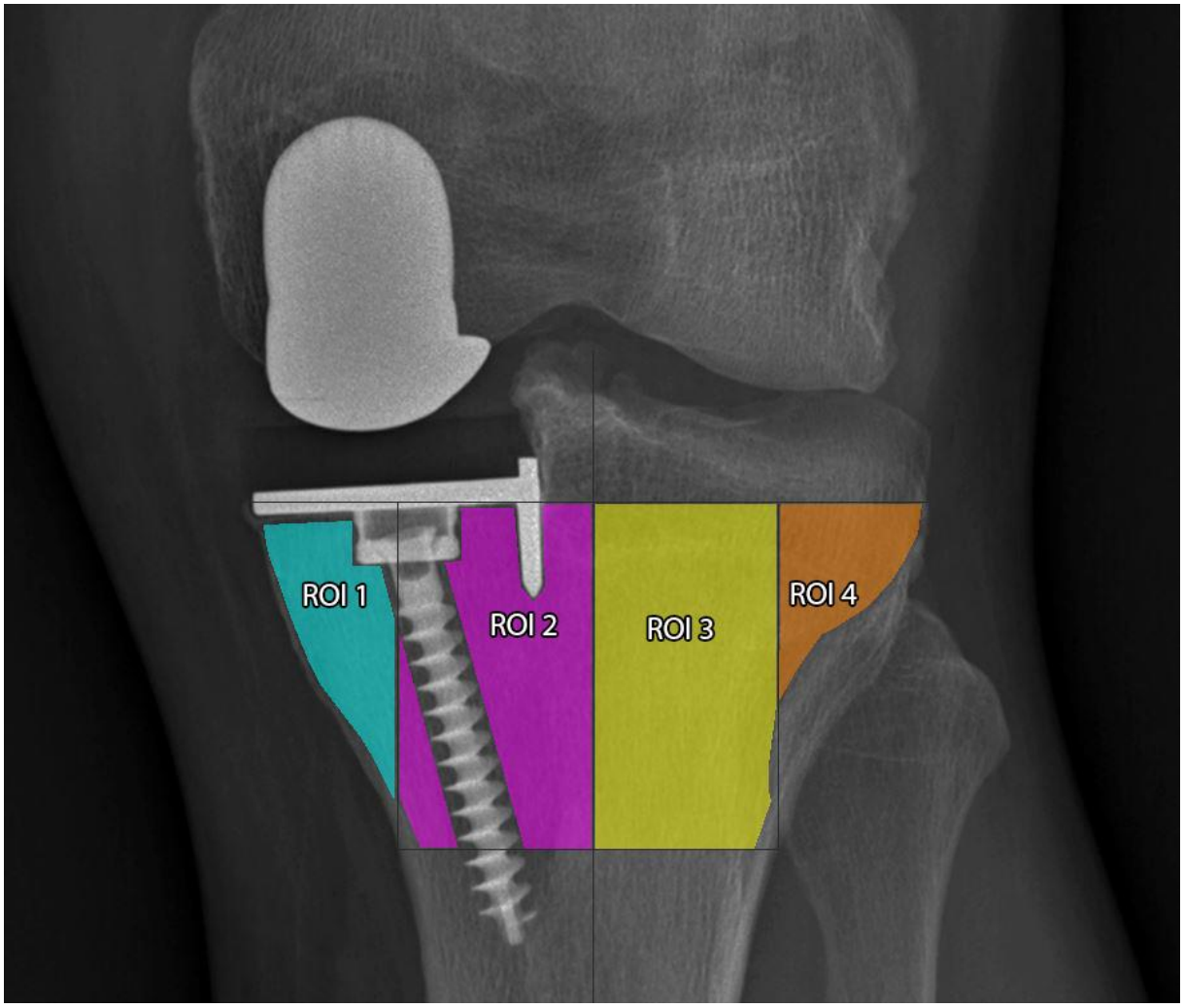


Figure 8 :

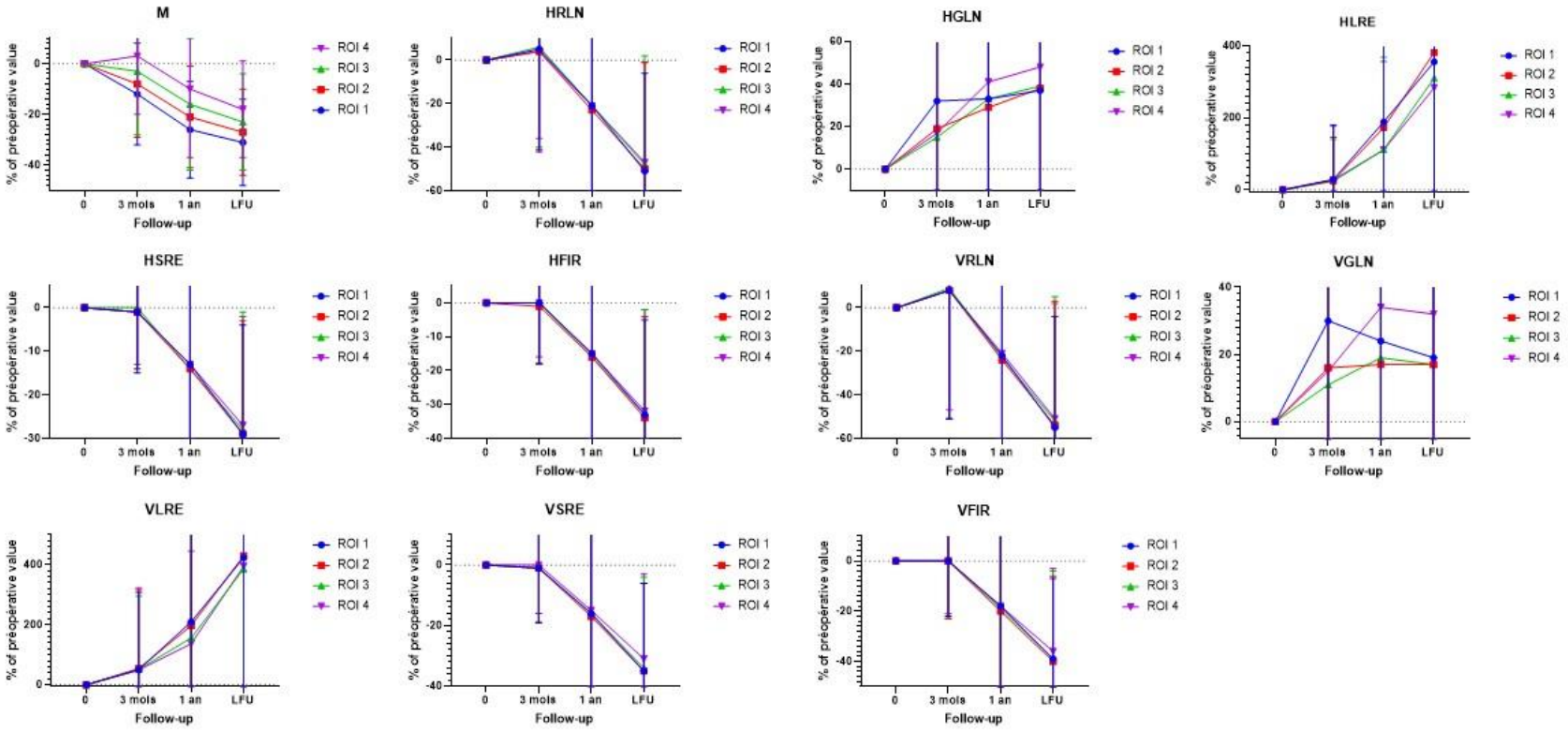
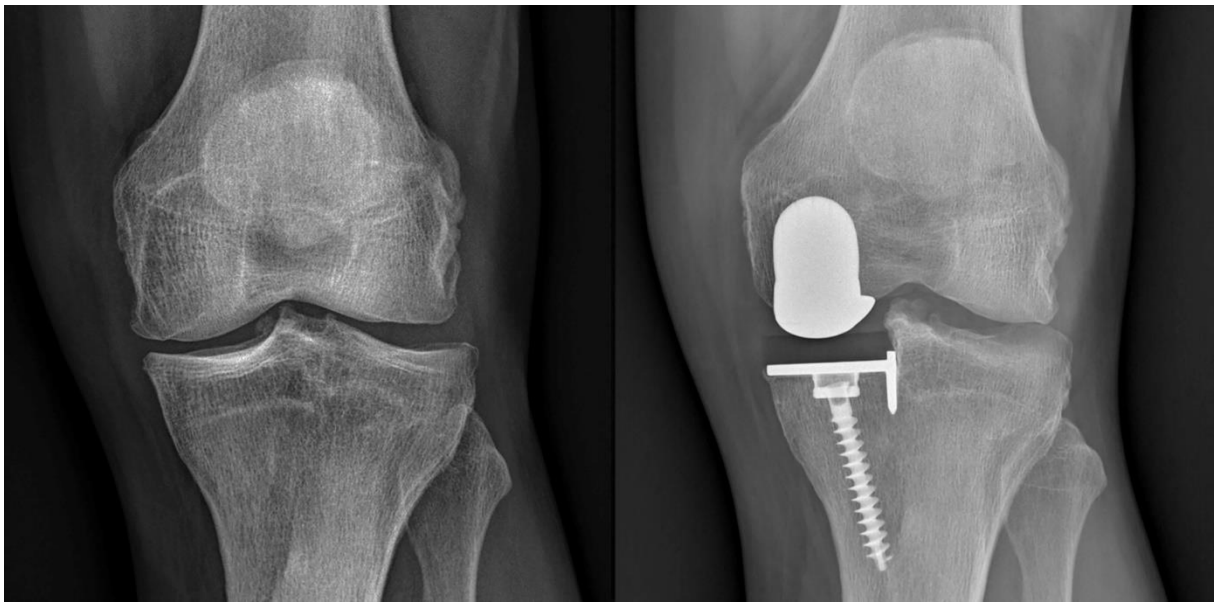

M
HRLN
HGLN
HLRE
HSRE
HFIR
VRLN
VGLN
VLRE
VSRE
VFIR
% of préopérative value
Follow-up
0
3 mois
1 an
LFU
ROI 1
ROI 2
ROI 3
ROI 4

Figure 9 :



TABLES

Table I: Epidemiologic data.

	Total (N=61)	**OKS ≤ 18 (N=30)**	**OKS > 18 (N=31)**	**p**
Female sex	23 (38%)	10 (33%)	13 (42%)	NS
Last follow-up (months)	22 ± 7	23 ± 7	20 ± 8	NS
Age (years)	69 ± 9	69 ± 8	70 ± 9	NS
Height (cm)	167 ± 9	169 ± 9	166 ± 9	NS
Weight (kg)	86 ± 13	85 ± 13	87 ± 12	NS
BMI (kg/m²)	31 ± 5	30 ± 5	32 ± 4	NS
Right side	26 (43%)	12 (40%)	14 (45%)	NS
Alpina®	52 (85%)	25 (83%)	27 (87%)	NS
Outpatient	57 (93%)	29 (97%)	28 (90%)	NS
ROM (°)	123 ± 12	126 ± 11	120 ± 13	**0.0451**
Preoperative OKS	36 ± 7	35 ± 7	38 ± 7	NS
OKS improvement	16 ± 8	20 ± 7	12 ± 8	**0.0001**

NS stands for “non-significant” $p < 0.05$ = significant

Table II: Radiographic characteristics

	Total (N=61)	**OKS ≤ 18 (N=30)**	**OKS > 18 (N=31)**	**p**
Preoperative HKA (°)	174 ± 3	174 ± 4	174 ± 3	NS
Postoperative HKA (°)	176 ± 3	176 ± 3	176 ± 4	NS
HKA < 175°	23 (38%)	11 (37%)	12 (39%)	NS
Postoperative valgus	4 (6%)	1 (3%)	3 (10%)	NS
Angular correction (°)	2 ± 3	2 ± 3	2 ± 3	NS
Overcorrection	3 (5%)	0 (0%)	3 (10%)	NS
Preoperative posterior tibial slope (°)	4 ± 2	4 ± 2	4 ± 3	NS
Postoperative posterior tibial slope (°)	4 ± 5	5 ± 5	4 ± 4	NS
Postoperative posterior tibial slope > 5°	26 (43%)	12 (40%)	14 (45%)	NS
Posterior tibial slope modification (°)	0.25 ± 5	0.8 ± 5	-0.3 ± 4	NS
Posterior tibial slope modification > 2 °	40 (65%)	21 (70%)	19 (61%)	NS
H (mm)	0.5 ± 3.5	0.2 ± 4	0.8 ± 3	NS
Absolute value of H (mm)	2.6 ± 2.3	2.5 ± 2.5	2.7 ± 2.3	NS
Absolute value of H > 3mm	20 (33%)	10 (33%)	10 (32%)	NS
D (°)	4.3 ± 3.7	3.3 ± 2.8	5.2 ± 4.2	NS
D > 6°	15 (25%)	10 (33%)	5 (16%)	NS
O (°)	1.3 ± 3.5	1.2 ± 3.2	1.5 ± 3.8	NS
O > 3°	15 (25%)	6 (20%)	9 (29%)	NS
AKI (°)	85 ± 4	86 ± 4	85 ± 4	NS
Radiolucent line in ROI 1 to 5	19 (32%)	13 (43%)	6 (19%)	NS
Radiolucent line in ROI 1 to 4	9 (15%)	6 (20%)	3 (10%)	NS

NS stands for “non-significant” $p < 0.05$ = significant

Table III: Texture analysis in preoperative X-rays

ROI 1								
	Total (N=61)		Oxford ≤ 18 (N=30)		Oxford > 18 (N=31)		p
M	104.5	±22.27	107.3	±22.42	101.8	±22.18	NS
HRLN	4645	±2149	5229	2312	4062	±1832	NS
HGLN	457.3	±190.7	440.4	175.2	474.1	±206.9	NS
HLRE	1.982	±0.7706	1.831	±0.6964	2.134	±0.8228	NS
HSRE	0.8495	±0.0681	0.8656	±0.05941	0.8335	±0.07344	NS
HFIR	0.805	±0.0834	0.8248	±0.07304	0.7852	±0.08973	NS
VRLN	3908	±1911	4479	±2092	3337	±1546	**0.0497**
VGLN	422.6	±172.7	411.2	±164.9	434.0	±182.4	NS
VLRE	2.47	±1.207	2.257	±1.265	2.683	±1.128	**0.0407**
VSRE	0.8059	±0.0798	0.8249	±0.07336	0.7869	±0.08280	NS
VFIR	0.7502	±0.0948	0.7741	±0.08555	0.7264	±0.09919	NS

ROI 2								
	Total (N=61)		Oxford ≤ 18 (N=30)		Oxford > 18 (N=31)		p
M	106.7	±26.06	114.6	±29.00	98.87	±20.38	**0.0106**
HRLN	12341	±5224	13415	±5583	11266	±4693	NS
HGLN	1297	±577.8	1181	±393.6	1412	±705.1	NS
HLRE	1.913	±0.6452	1.743	±0.5088	2.084	±0.7271	**0.0390**
HSRE	0.8547	±0.06367	0.8727	±0.05502	0.8367	±0.06752	**0.0375**
HFIR	0.8118	±0.07916	0.8347	±0.06797	0.7889	±0.08398	**0.0360**
VRLN	10473	±4968	11580	±5358	9366	±4363	NS
VGLN	1202	±518	1105	±368.6	1299	±625.3	NS
VLRE	2.388	±1.022	2.144	±0.9119	2.633	±1.083	**0.0407**
VSRE	0.8101	±0.07804	0.8316	±0.0707	0.7887	±0.08033	**0.0375**
VFIR	0.7565	±0.09444	0.7830	±0.08516	0.7300	±0.09724	**0.0360**

ROI 3								
	Total (N=61)		Oxford ≤ 18 (N=30)		Oxford > 18 (N=31)		p
M	111.9	±29.03	120.1	±32.39	103.6	±22.92	**0.0317**
HRLN	20930	±7146	22432	±7442	19427	±6629	NS
HGLN	1978	±665.2	1837	±540.8	2120	±753.5	NS
HLRE	1.955	±0.6967	1.768	±0.5417	2.141	±0.7896	**0.0424**
HSRE	0.852	±0.0667	0.8709	±0.05662	0.8331	±0.07156	**0.0441**
HFIR	0.8079	±0.0830	0.8318	±0.07007	0.7839	±0.08924	**0.0424**
VRLN	17883	±6978	19499	±7436	16267	±6202	NS
VGLN	1840	±592	1724	±485.8	1956	±671.0	NS
VLRE	2.408	±1.032	2.145	±0.8956	2.671	±1.106	**0.0390**
VSRE	0.8101	±0.0791	0.8323	±0.07085	0.7878	±0.08190	**0.0441**
VFIR	0.7555	±0.0959	0.7831	±0.08477	0.7279	±0.09988	**0.0360**

ROI 4								
	Total (N=61)		Oxford ≤ 18 (N=30)		Oxford > 18 (N=31)		p
M	104.3	±25.72	109.3	±28.94	99.16	±21.20	NS
HRLN	2074	±1676	2090	±1654	2057	±1730	NS
HGLN	226.8	±185	201.4	±153.3	253.2	±212.7	NS
HLRE	1.928	±0.6411	1.810	±0.5692	2.050	±0.6977	NS
HSRE	0.8538	±0.06418	0.8660	±0.06076	0.8411	±0.06628	NS
HFIR	0.8102	±0.08076	0.8262	±0.07572	0.7937	±0.08387	NS
VRLN	1813	±1448	1837	±1457	1788	±1467	NS
VGLN	214.4	±171.9	191.1	±143.5	238.6	±197.0	NS
VLRE	2.296	±0.9868	2.132	±0.9922	2.466	±0.9701	NS
VSRE	0.8209	±0.07478	0.8376	±0.8036	0.8036	±0.07745	NS
VFIR	0.768	±0.09192	0.7881	±0.08460	0.7471	±0.09605	NS

NS stands for “non-significant” $p < 0.05$ = significant

Table IV: Texture analysis at last follow-up X-rays

ROI 1																								
	Total (N=61)				Oxford ≤ 18 (N=30)				Oxford > 18 (N=31)				p											
M	-31.04	±16.66			-31.45	±19.72			-30.59	± 12.95			NS											
HRLN	-50.62	±44.62			-58.71	±40.62			-42.22	±47.73			NS											
HGLN	37.14	±48.75			47.72	±54.89			25.78	±39.02			NS											
HLRE	356.3	±451.8			372.9	±443.9			339.8	±467.3			NS											
HSRE	-28.55	±24.97			-33.39	±24.96			-23.52	±24.44			NS											
HFIR	-33.27	±28.26			-39.04	±27.82			-27.30	±27.96			NS											
VRLN	-54.55	±50.66			-63.82	±43.56			-44.93	±56.32			NS											
VGLN	18.98	±40.34			25.79	±43.35			11.67	±36.21			NS											
VLRE	423.0	±508.1			443.5	±473.8			402.4	±548.9			NS											
VSRE	-34.73	±28.70			-39.57	±26.87			-29.70	±30.15			NS											
VFIR	-39.20	±32.33			-45.68	±30.42			-32.48	±33.43			NS											

ROI 2																								
	Total (N=61)				Oxford ≤ 18 (N=30)				Oxford > 18 (N=31)				p											
M	-26.73	±16.92			-31.21	±18.83			-22.07	±13.49			**0.0169**											
HRLN	-49.75	±49.36			-60.21	±38.67			-38.89	±57.16			NS											
HGLN	38.21	±66.52			53.62	±83.61			21.67	±35.82			NS											
HLRE	381.8	±475.2			419.1	±463.6			346.0	±492.2			NS											
HSRE	-28.89	±25.96			-34.50	±25.44			-23.07	±25.66			NS											
HFIR	-33.71	±30.10			-40.61	±28.93			-26.56	±30.13			NS											
VRLN	-53.58	±56.62			-65.86	±40.60			-40.85	±67.94			NS											
VGLN	16.68	±53.50			28.24	±68.08			4.259	±27.47			NS											
VLRE	429.8	±535.9			415.3	±494.2			443.8	±582.8			NS											
VSRE	-34.64	±29.24			-40.04	±26.16			-29.04	±31.63			NS											
VFIR	-39.96	±34.36			-47.68	±30.97			-31.96	±36.41			NS											

ROI 3																								
	Total (N=61)				Oxford ≤ 18 (N=30)				Oxford > 18 (N=31)				p											
M	-22.75	±19.13			-26.86	±20.00			-18.33	±17.44			NS											
HRLN	-47.82	±50.24			-47.82	±50.24			-37.85	±57.32			NS											
HGLN	39.18	±61.07			46.69	±67.50			31.11	±53.42			NS											
HLRE	310.6	±421.9			291.0	±394.7			329.5	±453.5			NS											
HSRE	-28.27	±26.90			-32.96	±26.54			-23.41	±26.90			NS											
HFIR	-33.02	±31.12			-39.21	±30.20			-26.59	±31.31			NS											
VRLN	-51.56	±56.81			-63.36	±41.56			-39.33	±67.86			NS											
VGLN	16.73	±46.74			19.68	±49.81			13.67	±44.06			NS											
VLRE	386.3	±541.6			350.5	±472.3			420.6	±608.5			NS											
VSRE	-33.49	±29.71			-38.43	±26.88			-28.37	±32.08			NS											
VFIR	-38.87	±35.06			-46.00	±31.83			-31.48	±37.27			NS											

ROI 4																								
	Total (N=61)				Oxford ≤ 18 (N=30)				Oxford > 18 (N=31)				p											
M	-17.64	±19.28			-20.38	±21.19			-14.70	±16.90			NS											
HRLN	-47.31	±45.88			-54.39	±43.11			-39.96	±48.30			NS											
HGLN	47.93	±69.54			5.21	±79.17			45.48	±58.89			NS											
HLRE	284.0	±371.0			325.8	±408.0			242.2	±332.7			NS											
HSRE	-26.65	±25.18			-31.00	±26.19			-22.15	±23.74			NS											
HFIR	-31.67	±29.82			-37.14	±30.68			-26	±28.35			NS											
VRLN	-50.78	±52.50			-59.79	±43.32			-41.44	±59.99			NS											
VGLN	32.18	±61.51			32.93	±70.23			31.37	±51.86			NS											
VLRE	394.9	±521.9			495.0	±623.3			298.6	±390.0			NS											
VSRE	-31.04	±27.65			-35.29	±26.54			-26.63	±28.57			NS											
VFIR	-36.35	±32.54			-42.29	±31.36			-30.19	±33.18			NS											

NS stands for “non-significant” $p < 0.05$ = significant

Table V: Radiolucent lines characteristics

	Total (N=61)		Radiolucent line + (N=19)		Radiolucent line – (N=42)		p
Female sex	23	(38%)	3	(16%)	20	(48%)	**0.0229**
Last follow-up (months)	21.90	± 7.433	23.79	± 7.292	21.05	± 7.424	NS
Age (years)	69	± 9	68.53	± 7.777	69.38	± 8.823	NS
Height (cm)	167	± 9	1.699	± 0.08937	1.662	± 0.09467	NS
Weight (kg)	86	± 13	84.74	± 11.66	86.67	± 13.16	NS
BMI (kg/m²)	31	± 5	29.37	± 3.774	31.40	± 4.919	NS
Right side	26	(43%)	7	(37%)	19	(45%)	NS
Alpina®	52	(85%)	16	(84%)	36	(86%)	NS
Outpatient	57	(93%)	19	(100%)	38	(90%)	NS
ROM (°)	123	± 12	126.9	± 8.323	121.2	± 14.12	NS
Preoperative OKS	36	± 7.239	35.22	± 7.289	37.38	± 7.208	NS
Last follow-up OKS	21	± 7.8	17.58	± 5.430	22.57	± 8.253	**0.0123**
OKS improvement	16	± 8	17	± 8	15	± 8	NS
Preoperative HKA (°)	174	± 3	175.0	± 2.931	173.7	± 3.494	NS
Postoperative HKA (°)	176	± 3	175.5	± 2.852	176.3	± 3.693	NS
HKA < 175°	23	(38%)	10	(53%)	13	(31%)	NS
Angular correction (°)	2	± 3	0.8235	± 2.442	2.600	± 2.950	**0.0229**
Overcorrection	3	(5%)	0	(0%)	3	(7%)	NS
Preoperative posterior tibial slope (°)	4	± 2	3.626	± 2.212	4.415	± 2.463	NS
Postoperative posterior tibial slope (°)	4	± 5	5.242	± 4.417	3.838	± 4.685	NS
Postoperative posterior tibial slope > 5°	26	(43%)	9	(47%)	17	(40%)	NS
Posterior tibial slope modification (°)	0.25	± 5	1.611	± 3.590	-0.369	± 4.711	NS
Posterior tibial slope modification > 2 °	40	(65%)	12	(63%)	28	(66%)	NS
H (mm)	0.5	± 3.5	0.3684	± 4.693	0.6190	± 2.879	NS
Absolute value of H (mm)	2.6	± 2.3	3.526	± 3.007	2.190	± 1.941	NS
Absolute value of H > 3mm	20	(33%)	9	(47%)	11	(26%)	NS
D (°)	4.3	± 3.7	3.284	± 2.687	4.762	± 4.038	NS
D > 6°	15	(25%)	3	(15%)	12	(29%)	NS
O (°)	1.3	± 3.5	1.100	± 3.607	1.464	± 3.497	NS
O > 3°	15	(25%)	4	(21%)	11	(26%)	NS
AKI (°)	85	± 4	85.92	± 4.717	85.27	± 3.942	NS

NS stands for “non-significant” $p < 0.05$ = significant

Table VI: Radiolucent lines characteristics in zones 1 to 4

	Total (N=61)		**Radiolucency + in ROI 1,2,3 or 4 (N=10)**		**Radiolucency + in ROI 1,2,3 or 4 (N=51)**		**p**
Female sex	23	(38%)	9	(90%)	29	(57%)	NS
Last follow-up (months)	21.90	± 7.433	25.70	± 7.875	21.16	± 7.190	NS
Age (years)	69	± 9	68.10	± 7.031	69.31	± 8.756	NS
Height (cm)	167	± 9	1.690	± 0.0925	1.670	± 0.09475	NS
Weight (kg)	86	± 13	83.90	± 13.79	86.49	± 12.51	NS
BMI (kg/m²)	31	± 5	29.30	± 4.398	31.06	± 4.696	NS
Right side	26	(43%)	6	(60%)	20	(39%)	NS
Alpina®	52	(85%)	10	(100%)	42	(82%)	NS
Outpatient	57	(93%)	10	(100%)	47	(92%)	NS
ROM (°)	123	± 12	128.2	± 8.766	122.0	± 13.24	NS
Preoperative OKS	36	± 7.239	33.22	± 6.778	37.35	± 7.202	NS
Last follow-up OKS	21	± 7.8	18.50	± 5.930	21.51	± 8.071	NS
OKS improvement	16	± 8	14	± 6	16	± 9	NS
Preoperative HKA (°)	174	± 3	175.4	± 3.429	173.8	± 3.315	NS
Postoperative HKA (°)	176	± 3	175.5	± 3.482	176.1	± 3.469	NS
HKA < 175°	23	(38%)	5	(50%)	18	(35%)	NS
Angular correction (°)	2	± 3	0.6222	± 2.264	2.324	± 2.949	NS
Overcorrection	3	(5%)	0	(0%)	3	(6%)	NS
Preoperative posterior tibial slope (°)	4	± 2	3.590	± 2.785	4.278	± 2.323	NS
Postoperative posterior tibial slope (°)	4	± 5	5.930	± 5.435	3.951	± 4.423	NS
Postoperative posterior tibial slope > 5°	26	(43%)	6	(60%)	20	(39%)	NS
Posterior tibial slope modification (°)	0.25	± 5	2.330	± 4.178	-0.161	± 4.436	NS
Posterior tibial slope modification > 2 °	40	(65%)	7	(70%)	33	(64%)	NS
H (mm)	0.5	± 3.5	0.400	± 5.739	0.569	± 2.968	NS
Absolute value of H (mm)	2.6	± 2.3	4.200	± 3.676	2.294	± 1.942	NS
Absolute value of H > 3mm	20	(33%)	4	(40%)	16	(31%)	NS
D (°)	4.3	± 3.7	2.610	± 1.794	4.633	± 3.909	NS
D > 6°	15	(25%)	0	(0%)	15	(29%)	NS
O (°)	1.3	± 3.5	1.090	± 4.373	1.402	± 3.359	NS
O > 3°	15	(25%)	2	(20%)	13	(25%)	NS
AKI (°)	85	± 4	84.81	± 5.383	85.61	± 3.942	NS

NS stands for “non-significant” $p < 0.05$ = significant

Table VII: Comparison of our data with Chatellard's cohort

	Our data (2021) (61 procedures)	**Chatellard et al., (2012) (559 procedures)**	**p**
Mean follow-up (years)	1.78 ± 0.58	5.17 ± 4.33	**<0.001**
Age (years)	69 ± 9	69.5 ± 8	NS
Women	23 (38%)	347 (62%)	**<0.001**
BMI (kg/m²)	31 ± 5	27.7 ± 4	**<0.001**
Preoperative HKA (°)	174.1 ± 3.4	173.9 ± 4.5	NS
Postoperative HKA (°)	176 ± 3.4	176.4 ± 3.4	NS
AKI (°)	85.6 ± 4	86.2 ± 3.4	NS
H > 3 mm	20 (33%)	179 (32%)	NS
D (°)	4.3 ± 3.7	4.8 ± 6	NS
O (°)	1.3 ± 3.5	0.8 ± 3.4	NS
O > 3°	15 (25%)	224 (40%)	**0.023**
Postoperative PTS (°)	4 ± 5	3.2 ± 3.6	NS
PTS modification (°)	0.25 ± 5	0.19 ± 3.9	NS

NS stands for "non-significant" $p < 0.05$ = significant

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT 2
INTRODUCTION 3
PATIENTS AND METHODS 5
1. Patients 5
2. Data collection 5
3. Surgery techniques 6
4. Radiographic evaluation and texture analysis of radiographic images 6
5. Statistical analysis 9
RÉSULTS 10
1. Patients 10
2. Comparison 10
DISCUSSION 12
1. Bone texture analysis 12
2. Epidemiologic comparison of our cohort with data from the literature 13
3. Relationship comparison between our study and literature in outcomes and radiolucent lines 14
4. Outcomes and implant positioning relationship 15
5. Study limitations 16
6. Study strengths 16
CONCLUSION 17
CONFLICTS OF INTEREST 18
REFERENCES 19
LEGENDS OF FIGURES 29
FIGURES 31
Figure 1: 31
Figure 2: 32
Figure 3 : 33
Figure 4 : 34
Figure 5 : 35
Figure 6 : 36
Figure 7 : 37
Figure 8 38
Figure 9 : 39

TABLES 40
Table I: Epidemiologic data. 40
Table II: Radiographic characteristics 41
Table III: Texture analysis in preoperative X-rays 42
Table IV: Texture analysis at last follow-up X-rays 43
Table V: Radiolucent lines characteristics 44
Table VI: Radiolucent lines characteristics in zones 1 to 4 45
Table VII: Comparison of our data with that of the Chatellard's cohort 46
TABLE OF CONTENTS 46

PELLETIER Simon

Prothèses unicompartimentales médiales de genou et microarchitecture osseuse du tibia proximal étudiée grâce à une analyse de texture de radiographies

RÉSUMÉ

Introduction. Les prothèse unicompartimentales (PUC) médiales permettent une amélioration importante de la fonction du genou arthrosique et une baisse des douleurs. Une part non négligeable des patients présente des douleurs résiduelles qui restent inexpliquées. L'analyse de texture de l'épiphyse tibiale sur des radiographies permet une estimation de la microarchitecture osseuse. Notre hypothèse était que les caractéristiques de texture étaient corrélées aux résultats cliniques des PUC.

Matériel et Méthodes. Nous avons réalisé une étude prospective, monocentrique, mono opérateur sur 61 patients opérés d'une PUC médiale pour gonarthrose entre 2017 et 2018 en comparant les analyses de texture du tibia proximal préopératoires et post-opératoires entre deux groupes composés de 30 patients avec un score Oxford (OKS) final ≤ 18 et 31 patients avec un OKS final >18. Cette analyse a été réalisée grâce au logiciel MaZda sur 4 régions d'intérêt (ROI).

Résultats. Le recul moyen était de 22 mois. Les PUC présentant un VRLN élevé et VLRE bas en ROI 1 et celles présentant des valeurs de M, HSRE, HFIR, VSRE, VFIR élevées et HLRE, VLRE basses en ROI 2 et 3 en préopératoire ainsi qu'une baisse de densité dans le suivi en ROI 2 en post opératoire ; présentaient un meilleur résultat clinique au dernier suivi.

Conclusion. Les valeurs d'analyse de texture du tibia proximal en préopératoire et leur évolution en post opératoire sont corrélées au résultat clinique de la PUC médiale de genou. Ces résultats pourraient permettre un ajustement des indications à une PUC chez certains patients. Ces résultats nécessitent d'être confirmés par des résultats de survie à plus long terme.

Niveau de preuve : III, étude cas-témoins

Mots-clés: Prothèse unicompartimentale ; Analyse de radiographie ; Analyse de texture

Medial unicompartmental knee arthroplasty and bone microarchitecture of the proximal tibia studied by X-ray texture analysis

ABSTRACT

Introduction. Medial unicompartmental knee arthroplasty (UKA) offers improvement in knee function and pain in osteoarthritis. An important proportion of patients have residual pain with some of them not explained. Texture analysis may estimate the bone microarchitecture. Our hypothesis was a statistical correlation between texture analysis characteristics and clinical outcome of UKA.

Patients et Methods. This was a monocentric, single operator study on 61 patients who need a medial UKA between 2017 and 2018 comparing proximal texture analysis of the tibia preoperatively and postoperatively between two groups. One made of 30 patients with last follow-up (LFU) Oxford knee score (OKS) ≤ 18 and the other comprising 31 patients with LFU OKS > 18. We used the MaZda software in different regions of interest (ROIs) in this study.

Results. The mean LFU was 22 months. PUC with high VRLN and low VLRE in ROI 1 and those with high M, HSRE, HFIR, VSRE, VFIR and low HLRE and VLRE in ROIs 2 and 3 preoperatively and a decrease of density in ROI 2 during following, presented a better clinical outcome at LFU.

Conclusion. Preoperative texture analysis values of proximal tibia and its evolution postoperatively are correlated with clinical outcome of medial UKA. These results may help in UKA indication for some patients. They had to be confirmed by longer follow-up results monitoring closely the arthroplasty survival.

Level of evidence: III: case control

Keywords: Unicompartmental knee arthroplasty; X-ray analysis; texture analysis

FACULTÉ DE SANTÉ
UNIVERSITÉ D'ANGERS