

Année 2018/2019

N°

Thèse

Pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'État

Par

Tristan LOHAT

Né le 29/01/1990 à Rennes 35

TITRE

« Performance diagnostique de la séquence tridimensionnelle en densité protonique avec saturation de la graisse dans la détection des lésions méniscales chez des patients présentant une rupture du ligament croisé antérieur. »

Présentée et soutenue publiquement le **23/11/18** devant un jury composé de :

Président du Jury :

Professeur Laurent BRUNEREAU, Radiologie et Imagerie Médicale, PU, Faculté de Médecine – Tours

Membres du Jury :

Professeur Jean-Philippe COTTIER, Radiologie et Imagerie Médicale, Faculté de Médecine – Tours

Professeur Frédérique PATAT, Biophysique et médecine nucléaire, Faculté de Médecine – Tours

Docteur Julien BERHOUET, Chirurgie Orthopédique et Traumatologique, MCU-PH, CHU – Tours

Docteur Loïc BOUILLEAU, Radiologie et Imagerie Médicale, PH, CHU – Tours

Directeur de thèse : Docteur Arnaud GEFFRAY, Radiologie et Imagerie Médicale, CCA, Faculté de médecine - Tours

UNIVERSITE DE TOURS
FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

01/09/2018 / 5

DOYEN

Pr Patrice DIOT

VICE-DOYEN

Pr Henri MARRET

ASSESEURS

Pr Denis ANGOULVANT, *Pédagogie*

Pr Mathias BUCHLER, *Relations internationales*

Pr Hubert LARDY, *Moyens – relations avec l'Université*

Pr Anne-Marie LEHR-DRYLEWICZ, *Médecine générale*

Pr François MAILLOT, *Formation Médicale Continue*

Pr Patrick VOURE'H, *Recherche*

RESPONSABLE ADMINISTRATIVE

Mme Fanny BOBLETER

DOYENS HONORAIRES

Pr Emile ARON (†) – 1962-1966

Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962

Pr Georges DESBUQUOIS (†) - 1966-1972

Pr André GOUAZE - 1972-1994

Pr Jean-Claude ROLLAND – 1994-2004

Pr Dominique PERROTIN – 2004-2014

PROFESSEURS EMERITES

Pr Daniel ALISON

Pr Philippe ARBEILLE

Pr Catherine BARTHELEMY

Pr Christian BONNARD

Pr Philippe BOUGNOUX

Pr Alain CHANTEPIE

Pr Pierre COSNAY

Pr Etienne DANQUECHIN-DORVAL

Pr Loïc DE LA LANDE DE CALAN

Pr Alain GOUDEAU

Pr Noël HUTEN

Pr Olivier LE FLOCH

Pr Yvon LEBRANCHU

Pr Elisabeth LECA

Pr Anne-Marie LEHR-DRYLEWICZ

Pr Gérard LORETTE

Pr Roland QUENTIN

Pr Alain ROBIER

Pr Elie SALIBA

PROFESSEURS HONORAIRES

P. ANTHONIOZ – A. AUDURIER – A. AUTRET – P. BAGROS – P. BARDOS – J.L. BAULIEU – C. BERGER – J.C. BESNARD – P. BEUTTER – P. BONNET – M. BROCHIER – P. BURDIN – L. CASTELLANI – B. CHARBONNIER – P. CHOUTET – T. CONSTANS – C. COUET – J.P. FAUCHIER – F. FETISSOF – J. FUSCIARDI – P. GAILLARD – G. GINIES – A. GOUAZE – J.L. GUILMOT – M. JAN – J.P. LAMAGNERE – F. LAMISSE – Y. LANSON – J. LAUGIER – P. LECOMTE – E. LEMARIE – G. LEROY – Y. LHUINTRE – M. MARCHAND – C. MAURAGE – C. MERCIER – J. MOLINE – C. MORAINÉ – J.P. MUH – J. MURAT – H. NIVET – L. POURCELOT – P. RAYNAUD – D. RICHARD-LENOBLE – J.C. ROLLAND – D. ROYERE – A. SAINDELLE – J.J. SANTINI – D. SAUVAGE – D. SIRINELLI – B. TOUMIEUX – J. WEILL

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

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

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

PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

LEBEAU Jean-Pierre

PROFESSEURS ASSOCIES

| | |
|-----------------------|-------------------|
| MALLET Donatien | Soins palliatifs |
| POTIER Alain | Médecine Générale |
| ROBERT Jean | Médecine Générale |

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

| | |
|-----------------------------------|---|
| BAKHOS David | Physiologie |
| BARBIER Louise..... | Chirurgie digestive |
| BERHOUET Julien | Chirurgie orthopédique et traumatologique |
| BERTRAND Philippe | Biostat., informatique médical et technologies de communication |
| BRUNAUT Paul | Psychiatrie d'adultes, addictologie |
| CAILLE Agnès | Biostat., informatique médical et technologies de communication |
| CLEMENTY Nicolas | Cardiologie |
| DOMELIER Anne-Sophie | Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière |
| DUFOUR Diane | Biophysique et médecine nucléaire |
| FAVRAIS Géraldine | Pédiatrie |
| FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie | Anatomie et cytologie pathologiques |
| GATAULT Philippe | Néphrologie |
| GOUILLEUX Valérie..... | Immunologie |
| GUILLOIN Antoine | Réanimation |
| GUILLOIN-GRAMMATICO Leslie | Epidémiologie, économie de la santé et prévention |
| HOARAU Cyrille | Immunologie |
| IVANES Fabrice | Physiologie |
| LE GUELLEC Chantal | Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique |
| MACHET Marie-Christine | Anatomie et cytologie pathologiques |
| MOREL Baptiste | Radiologie pédiatrique |
| PIVER Éric | Biochimie et biologie moléculaire |

| | |
|--------------------------|--|
| REROLLE Camille | Médecine légale |
| ROUMY Jérôme | Biophysique et médecine nucléaire |
| SAUTENET Bénédicte | Néphrologie |
| TERNANT David | Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique |
| ZEMMOURA Ilyess | Neurochirurgie |

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

| | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| AGUILLON-HERNANDEZ Nadia | Neurosciences |
| BOREL Stéphanie | Orthophonie |
| DIBAO-DINA Clarisse | Médecine Générale |
| MONJAUZE Cécile | Sciences du langage - orthophonie |
| PATIENT Romuald..... | Biologie cellulaire |
| RENOUX-JACQUET Cécile | Médecine Générale |

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

| | |
|-----------------------|-------------------|
| RUIZ Christophe | Médecine Générale |
| SAMKO Boris | Médecine Générale |

CHERCHEURS INSERM - CNRS - INRA

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

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Pour l'Ecole d'Orthophonie

| | |
|------------------------|-----------------------|
| DELORE Claire | Orthophoniste |
| GOUIN Jean-Marie | Praticien Hospitalier |
| PERRIER Danièle | Orthophoniste |

Pour l'Ecole d'Orthoptie

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| LALA Emmanuelle | Praticien Hospitalier |
| MAJZOUB Samuel..... | Praticien Hospitalier |

Pour l'Ethique Médicale

| | |
|------------------------|-----------------------|
| BIRMELE Béatrice | Praticien Hospitalier |
|------------------------|-----------------------|

SERMENT D'HIPPOCRATE

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

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

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

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

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

Remerciements

Aux membres du jury

Monsieur le Professeur Laurent BRUNEREAU

Vous me faites l'honneur et l'immense plaisir de présider ce jury de thèse. Faire partie de vos étudiants est un cadeau précieux, merci pour votre soutien, votre temps et le partage d'une petite partie de vos connaissances. J'ai tellement appris dans votre service.

Monsieur le Professeur Jean-Philippe COTTIER

Je viens de terminer mon semestre dans votre service, vous êtes un modèle, un puits de connaissance intarissable, merci pour votre expertise, votre gentillesse. Merci également de vous être si bien occupé de nous, internes de radiologie lors de ces cinq années.

Monsieur le Professeur Frédéric PATAT

Merci d'avoir accepté de faire partie du jury. J'ai énormément appris au cours du semestre passé dans votre service et notamment en échographie, merci de m'avoir permis de participer à plusieurs travaux et d'avoir partagé votre science.

Monsieur le Docteur Julien BERHOUE

Vous me faites l'honneur de juger mon travail, recevez toute ma reconnaissance pour votre expertise dans le domaine de la chirurgie orthopédique et plus particulièrement du genou. Je n'ai pas eu l'occasion de travailler avec vous, mais votre travail et vos compétences sont loués.

Monsieur le Docteur Loïc BOUILLEAU

Merci de m'avoir enseigné et fait aimer l'imagerie ostéo-articulaire, tu es exigeant mais j'ai énormément appris à tes côtés. Merci d'avoir participé à cette étude. Merci pour ces trajets Tours-Orléans en décapotable, l'échographie ostéo-articulaire c'est super !

Monsieur le Docteur Arnaud GEFFRAY

Sans qui ce travail n'aurait été possible. Toujours disponible, toujours compétent, toujours de bonne humeur, merci à toi, si mon internat et mes connaissances en imagerie ostéo-articulaire sont celles d'aujourd'hui, c'est en grande partie grâce à toi.

Au Professeur Sirinelli qui m'a tant appris. Merci de m'avoir partagé votre passion et vos connaissances.

A Mme Le Louarn en santé publique, merci de nous avoir guidé à travers vos connaissances en statistiques dans notre étude et votre gentillesse.

A toute l'équipe de Sénologie d'Orléans qui m'ont guidé dans mes premiers pas en radiologie, à Mr Lebas, à Pascal, à Marie-Christine, Murielle, Martine, aux manipulatrices, aux secrétaires. Merci pour votre gentillesse et votre de m'avoir si bien cocooner.

A toute l'équipe de radiologie d'Orléans, à Rafik et Kalid qui m'ont appris à réaliser mes premiers gestes en Radiologie, à Michel, à Gilles, à Marie-Loïc, à Isabelle, à Véronique pour son soutien et son réconfort malgré des moments difficiles. Malgré quelques sueurs froides lors des premières gardes, ce premier semestre fut très formateur.

A toute le service de Pneumologie d'Orléans, merci pour votre aide et votre patience, notamment Azzedine et ses visites quotidiennes, Bruno LEMAIRE, Natacha, Adrien et tout le service.

A toute l'équipe de Trousseau, à ceux encore présents, au Dr Besson, Dr Scotto, à Julien, Nicolas, Anne, et ceux qui sont partis, Arnaud et Anne-Gwen.

Merci à Catherine, Baptiste, Elodie, Luciano, Anne-Sophie, Adèle pour tout ce que vous m'avez communiqué et partagé lors de ce semestre chez les enfants. Merci à Olivier Arnaud qui a éclairé nos Jeudi à Clocheville par sa gentillesse, sa bonne humeur et son humour.

Merci à tous les membres du service de Neuroradiologie dans lequel je viens de terminer un semestre parfait, merci à Florence, Maëlle, Liliana, Alexandra.

A tout le service du GIM où j'ai fait mes premiers pas en radiologie à Tours, merci à tous les médecins et au personnel pour votre accueil.

A tous mes co-internes qui m'ont supportés en stage Héloïse, Léo, Basile, Julie, Maxence, François, Benjamin, Wassim et tous ceux que j'oublie.

A mes années Orléanaises, mon premier contact avec l'internat, l'arrivée dans une cour sombre à l'hôpital Madeleine un soir de Novembre. A mes cointernes présents ce premier semestre qui l'ont rendu si agréable, à Arthur, Noémie, Mathilde, Anne-Sophie, Joseph.

A Thomas, Sophie, Antoine, Mathieu, Aurélie, Ophélie, à nos soirées Orléanaises, aux merveilleux moments passés en votre compagnie au ski. A notre balade en décapotable sur une plage « atypique » du bord de Loire avec Antoine.

A tous mes amis d'enfance qui font partis de mon histoire avec qui j'ai passé tellement de bons moments et sans qui je ne serai pas non plus aujourd'hui ici, à Marie-Charlotte, à Florent et Thibaud, à Stan, à Valentin, à Camille, à Sarah, à Maxime, à Flora, à Claire.

Merci à Vincent et sa famille de m'avoir toujours bien accueilli, à nos parties de foot dans son jardin et sur console, à nos soirées et à tous nos bons moments.

Mention particulière à Robin, que j'ai connu dès le primaire et avec qui c'est toujours un plaisir de partager des moments, tant d'années sont passées mais notre relation a toujours perduré.

A mes amis de médecine et de dentaire lors de mon externat à Rennes, à Marie, à Quentin, à Syar, à Francois, à Vincent qui ont rendu cette période si riche en bons moments et agréable.

A Pierre et la famille Hurtaud pour toutes nos si belles vacances passées sur l'île de Groix, à nos après-midi à la plage, à toutes nos soirées. C'est aussi grâce à tout ça que je suis la personne que je suis aujourd'hui

A la famille de Claire, merci pour votre accueil et de votre gentillesse.

A toute ma famille présente pour ce grand jour et ceux qui ne sont pas là mais qui pensent à moi. Lydie et Jean-Michel, Brigitte et Jean-Claude, à Patrick et Marie-Hélène, à Fabienne, à Françoise, à Marie-Laure et Christophe à tous mes cousins et cousines.

A mes grands-parents qui, je l'espère auraient été fiers de moi.

A ma mère, sans qui je ne serai jamais arrivé jusqu'ici, toujours présente, une force de la nature qui ne flanche jamais, toujours prête à me guider vers le bon chemin. Merci pour tous les sacrifices que tu as fait, j'en serai à jamais reconnaissant.

A mon père, merci d'avoir été là, merci de m'avoir fait passer de si beaux étés à l'île de Groix en ta compagnie, merci de toujours m'avoir soutenu. J'espère que tu seras fier de moi.

A Claire, avec qui je partage ma vie depuis maintenant plus de trois ans et qui me supporte. Dès la première fois où je t'ai vu tu m'as séduit. Merci à Pierre d'avoir cédé à mon insistance pour te rencontrer. Tu me soutiens dans tous mes projets, tu es toujours là pour moi, J'espère que nous partagerons notre vie encore très longtemps et que l'avenir sera aussi riche que ses années passées. Je t'aime.

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| I- LISTE DES ABREVIATIONS | 11 |
| II- RESUME | 12 |
| III- ANATOMIE ET FONCTIONS | 14 |
| I. MENISQUES | 14 |
| a. <i>Généralités</i> | 14 |
| b. <i>Rôles</i> | 15 |
| c. <i>Aspects en IRM</i> | 15 |
| d. <i>Ménisque médial</i> | 15 |
| e. <i>Ménisque latéral</i> | 16 |
| II. LIGAMENT CROISE ANTERIEUR | 16 |
| a. <i>Anatomie</i> | 16 |
| b. <i>Aspect en IRM</i> | 17 |
| c. <i>Physiopathologie</i> | 18 |
| III. LIGAMENTS COLLATERAUX..... | 19 |
| a. <i>Ligament collatéral latéral</i> | 19 |
| b. <i>Ligament collatéral médial</i> | 19 |
| IV. LESIONS ET ASPECTS EN IRM | 20 |
| 1. MENISQUES | 20 |
| a. <i>Définition</i> | 20 |
| b. <i>Rupture longitudinale verticale</i> | 20 |
| c. <i>Rupture longitudinale horizontale</i> | 21 |
| d. <i>Rupture radiaire</i> | 23 |
| e. <i>Rupture complexe</i> | 24 |
| f. <i>Lésions méniscales déplacées</i> | 25 |
| 2. LIGAMENT CROISE ANTERIEUR | 26 |
| a. <i>Rupture totale</i> | 26 |
| b. <i>Ruptures partielles</i> | 28 |
| 3. LIGAMENTS COLLATERAUX..... | 28 |
| a. <i>Le ligament collatéral médial</i> | 28 |
| b. <i>Le ligament collatéral latéral</i> | 29 |
| V. INTRODUCTION..... | 31 |
| VI. MATERIELS ET METHODES | 33 |
| VII. RESULTATS | 37 |
| 1. POPULATION | 37 |
| 2. LESIONS MENISCALES | 37 |
| 3. CONTUSIONS OSSEUSES | 39 |
| VIII. DISCUSSION..... | 40 |
| IX. CONCLUSION..... | 43 |
| X. BIBLIOGRAPHIE | 44 |

I- LISTE DES ABREVIATIONS

IRM : imagerie par résonance magnétique

T : Tesla

LCA : ligament croisé antérieur

MM : ménisque médial

ML : ménisque latéral

LCM : ligament collatéral médial

LCL : ligament collatéral latéral

3D : tridimensionnel

FS : saturation de la graisse

PD : densité de proton

II- RESUME

Objectif

Évaluer la performance diagnostique de la séquence tridimensionnelle isotrope pondérée en densité de proton avec saturation de la graisse (3D PD FS) dans le diagnostic des lésions méniscales chez les patients présentant une rupture du ligament croisé antérieur, corrélation aux données de l'arthroscopie.

Méthodes

Quatre-vingts patients ayant bénéficié d'une imagerie par résonance magnétique (IRM) avec réalisation d'une séquence 3D PD FS à 1,5 (27 patients) ou 3 Tesla (53 patients), afin de réaliser un bilan lésionnel du genou dans un contexte post-traumatique avant de bénéficier d'une arthroscopie du genou à visée diagnostique et thérapeutique (ligamentoplastie du ligament croisé antérieur) dans notre établissement, ont été inclus dans l'étude. Un interne, un chef de clinique et un médecin spécialisés en imagerie musculo-squelettique ont interprété les IRM de manière indépendante et en aveugle des résultats de l'arthroscopie. La présence ou non d'une lésion méniscale à l'IRM et à l'arthroscopie a été retranscrite. Les résultats de l'arthroscopie ont été considérés comme la référence.

L'accord inter-observateur, la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive négative, la valeur prédictive positive de la séquence 3D PD FS dans l'évaluation des lésions méniscales ont été calculées pour le premier auteur. Chaque ligament collatéral a été classé en quatre groupes par les observateurs : pas de lésion, lésion de grade I, de grade II ou de grade III.

Résultats

L'accord inter-observateur pour le ménisque latéral était de 0,77 et 0,83, et pour le ménisque médial 0,72 et 0,78, pour le ligament collatéral médial de 0,79 et pour le ligament collatéral latéral de 0,58. La sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive, la valeur prédictive négative pour le diagnostic IRM des lésions du ménisque latéral étaient de 86,9, 94,7, 86,9 et 94,7 respectivement, alors que celles du ménisque médial étaient de 87,5, 93,7, 77,7 et 96,7, respectivement. Les performances diagnostiques ne différaient pas significativement que ce soit pour le ménisque médial ou latéral en fonction de la puissance de l'aimant (de 1,5 ou 3 Tesla) ($p > 0,05$).

Conclusion

La séquence 3D PD FS offre une bonne reproductibilité dans notre étude et une robustesse pour le diagnostic des lésions méniscales chez des patients présentant une rupture du ligament croisé antérieur (LCA). Seule la valeur prédictive positive pour le ménisque médial se révélait moindre (77,7%), probablement en raison d'une surestimation des lésions ménisco-capsulaires de la corne postérieure du ménisque.

III- ANATOMIE ET FONCTIONS

I. Ménisques

a. Généralités

Chaque articulation du genou comporte deux ménisques, un médial et un latéral, disposés entre les condyles fémoraux et les plateaux tibiaux respectifs. Ils sont de forme triangulaire à base périphérique et composés d'un tissu fibro-cartilagineux pauci-cellulaire, comportant un réseau de fibres de collagène dont l'orientation principale est longitudinale.

Des fibres à orientation radiaire sont situées de la périphérie du ménisque jusqu'aux deux tiers du triangle méniscal et assurent une certaine rigidité, préviennent l'extrusion du ménisque en dehors des surfaces articulaires et résistent aux forces de compression axiales.

Les surfaces méniscales supérieures sont concaves, répondant aux condyles fémoraux convexes. Les surfaces inférieures sont relativement planes, ce qui permet aux ménisques de s'articuler de manière efficace avec les plateaux tibiaux qui sont plats également.

La vascularisation des ménisques est variable, diminuant progressivement avec l'âge. Elle se fait à partir de la périphérie et intéresse principalement le 1/3 distal nommé « zone rouge », du fait de son aspect histologique par opposition aux 2/3 centraux dits avasculaires et dénommés « zone blanche ». Cette distribution explique le potentiel de réparation de la zone périphérique.

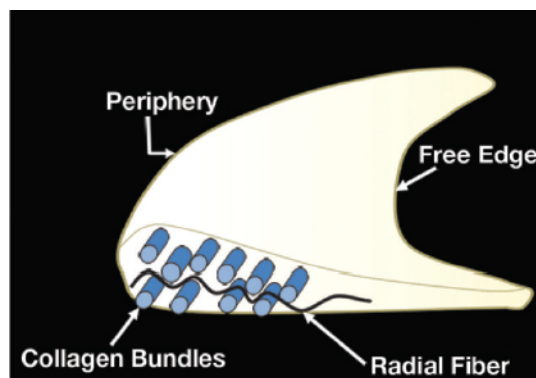


Figure 1 - Modélisation 3D en coupe frontale d'un ménisque {A}

b. Rôles

Les ménisques jouent un rôle dans la lubrification des surfaces articulaires et l'absorption d'une partie des forces transmises en doublant presque les surfaces de contact articulaires. Ils participent également à la stabilité de l'articulation, d'une part par leur anatomie et d'autre part par leur innervation proprioceptive.

c. Aspects en IRM

Ils sont chacun divisés en trois segments : une corne antérieure, un corps et une corne postérieure. En IRM, les ménisques apparaissent en hyposignal sur les différentes séquences.

En coupes sagittales, ils prennent la forme d'un « nœud papillon » ou bien de « triangles opposés ». Dans un plan coronal, les ménisques ont une forme triangulaire ou allongée, selon que le plan d'imagerie traverse respectivement le corps ou une des deux cornes méniscales.

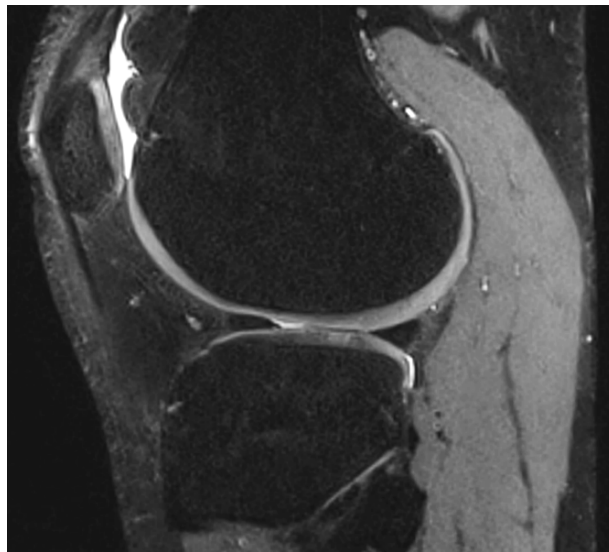


Figure 2 - Coupe sagittale 3D DP FS, aspect normal des ménisques en hyposignal sous la forme de deux triangles opposés

d. Ménisque médial

En forme de "C" ouvert, sa corne antérieure est de plus petite taille que sa corne postérieure. Sa corne antérieure s'insère en avant du ligament croisé antérieur et sa corne postérieure immédiatement en avant du ligament croisé postérieur sur la zone inter-condylienne du tibia. Le ménisque médial est fermement fixé en périphérie à la capsule articulaire et notamment au faisceau profond du ligament collatéral médial.

e. Ménisque latéral

En forme de « O », le ménisque latéral présente une attache ménisco-capsulaire plus lâche. Contrairement au ménisque médial, il ne possède pas d'attache au ligament collatéral latéral et est même séparé à son versant postéro-latéral de la capsule par un hiatus synovial laissant passer le tendon poplité. Les cornes antérieure et postérieure du ménisque latéral sont de taille similaire.

Ces différences anatomiques expliquent l'adage suivant : « Le compartiment médial est celui de la stabilité, le compartiment latéral celui de la mobilité ».

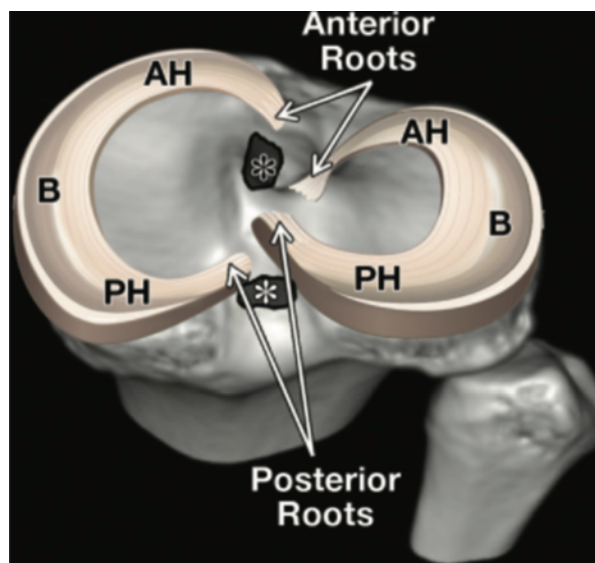


Figure 3 - Vue supérieure des ménisques : AH : corne antérieure, B : corps méniscal, PH : corne postérieure {A}

II. Ligament croisé antérieur

a. Anatomie

Le LCA est formé d'un tissu conjonctif dense constitué de fibres de collagène (80% du poids du ligament), d'élastine, de protéoglycanes, de glycolipides, de glycoprotéines et d'eau.

La structure du LCA comporte deux faisceaux principaux :

- le faisceau antéro-médial, le plus long et volumineux : son insertion tibiale est la plus antérieure et médiale, son insertion fémorale la plus postérieure et haute. C'est le faisceau le plus souvent lésé dans la pathologie traumatique ;
- le faisceau postéro-latéral, le plus vertical : il serait plus souvent épargné dans les ruptures partielles.

L'insertion fémorale du LCA se fait sur la face médiale du condyle latéral. Les fibres les plus antéro-supérieures sont attachées sur un point situé 2 à 3 mm en avant de la jonction entre le toit et la partie latérale de la fosse intercondylienne.

La partie la plus antérieure du site d'insertion tibiale se situe 2 à 3 mm en arrière de l'insertion de la partie antérieure du ménisque médial. La zone d'attache tibiale du LCA est constamment en relation avec la partie antérieure du ménisque latéral.

L'insertion tibiale présente une surface plus étendue que l'insertion fémorale. Le LCA s'élargit donc dans un sens cranio-caudal et présente une torsion physiologique de ses fibres. Il a un trajet oblique en bas, en avant et en dedans.

Pour un même degré de flexion du genou, la tension supportée par chaque faisceau apparait différente. Le faisceau postéro-latéral est plus tendu en extension complète tandis que le faisceau antéro-médial est plus tendu en flexion. Cela pourrait expliquer le caractère partiel de certaines ruptures du LCA.

La membrane synoviale recouvre entièrement le LCA qui est donc extra-synovial. La vascularisation du LCA est issue de l'artère poplitée et de ses branches.

b. Aspect en IRM

L'aspect normal du LCA à l'IRM est celui d'une structure linéaire, continue, parallèle au mur antérieur de l'échancrure intercondylienne (ligne de Blumensaat) en hyposignal sur les séquences en pondération T1, T2, moins franc que celui du ligament croisé postérieur (LCP) du fait de sa structure hétérogène.

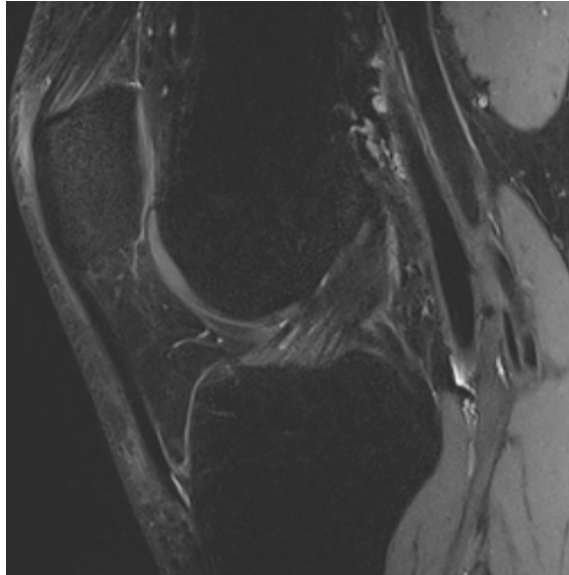


Figure 4 - Séquence sagittale, aspect normal du LCA sous forme de stries linéaires en hyposignal

c. Physiopathologie

La fréquence des entorses graves du genou a vu son incidence augmenter ces vingt dernières années. Ces lésions sont secondaires à des traumatismes directs ou indirects.

- Mécanismes indirects

Les trois mécanismes lésionnels les plus fréquemment observés sont les suivants :

- valgus flexion rotation externe (VALFE) : responsable d'une atteinte du ligament collatéral médial, du point d'angle postéro-médial, du LCA, du ménisque latéral ;
- varus flexion rotation interne (VARFI) : responsable d'une atteinte du LCA, du point d'angle postéro-latéral, du ligament collatéral latéral, du ménisque latéral, d'une fracture de Segond ;
- accident en hyperextension où le LCA est cisailé au sommet de l'échancrure intercondylienne.

- Mécanismes directs

Les mécanismes lésionnels directs concernent des mécanismes à haute énergie ou les accidents de la voie publique. Ces traumatismes sont les plus sévères, engendrent des associations lésionnelles et peuvent s'accompagner de luxations.

III. Ligaments collatéraux

a. Ligament collatéral latéral

Bandelette épaisse, oblique en bas et en arrière, tendue de la tubérosité du condyle latéral à la tête de la fibula où il possède une insertion commune avec le tendon du biceps fémoral.

b. Ligament collatéral médial

Il s'agit d'un ligament large et plat, mesurant entre 8 et 10 cm, constitué de deux plans, un superficiel et un profond. Le plan superficiel s'insère sur l'épicondyle fémoral médial, et le plan profond est constitué d'un ligament fémoro-méniscal et d'un ligament ménisco-tibial.

IV. LÉSIONS ET ASPECTS EN IRM

1. Ménisques

a. Définition

La prévalence des lésions méniscales augmente avec l'âge. Elles sont souvent associées aux arthropathies dégénératives et y contribuent. Les lésions les plus fréquemment rencontrées se situent au niveau de la corne postérieure du ménisque, plus particulièrement le ménisque médial qui subit les contraintes les plus élevées. Chez les patients plus jeunes présentant des traumatismes plus violents, les lésions intéressent plus volontiers le ménisque latéral.

La définition d'une lésion méniscale à l'IRM est la présence d'un hypersignal intra-méniscal linéaire atteignant au moins une des surfaces articulaires avec certitude.

Une augmentation de l'intensité du signal intra-méniscal peut être retrouvée dans plusieurs situations, chez les enfants en raison d'une vascularisation plus riche et plus développée, chez les adultes présentant une dégénérescence méniscale mucineuse et dans un contexte post-traumatique en lien avec une contusion aiguë. Ces anomalies n'atteignent cependant pas les surfaces articulaires.

b. Rupture longitudinale verticale

Les lésions longitudinales sont perpendiculaires aux plateaux tibiaux et parallèles au grand axe du ménisque ; elles divisent le ménisque en une portion médiale et une portion périphérique.

Ces lésions surviennent souvent chez des patients jeunes après un traumatisme important du genou. Elles impliquent volontiers le tiers périphérique du ménisque et la corne postérieure.

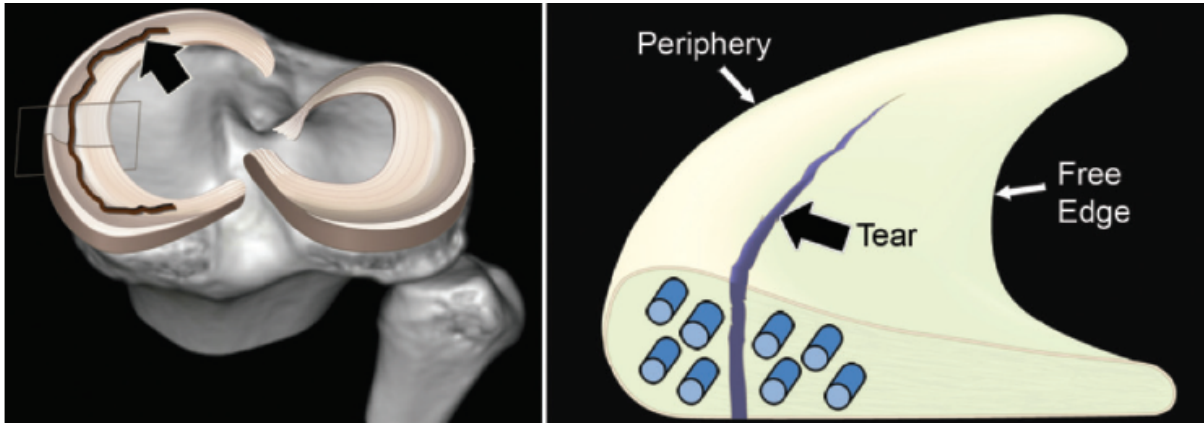


Figure 5 - Modélisation 3D d'une lésion longitudinale verticale {A}

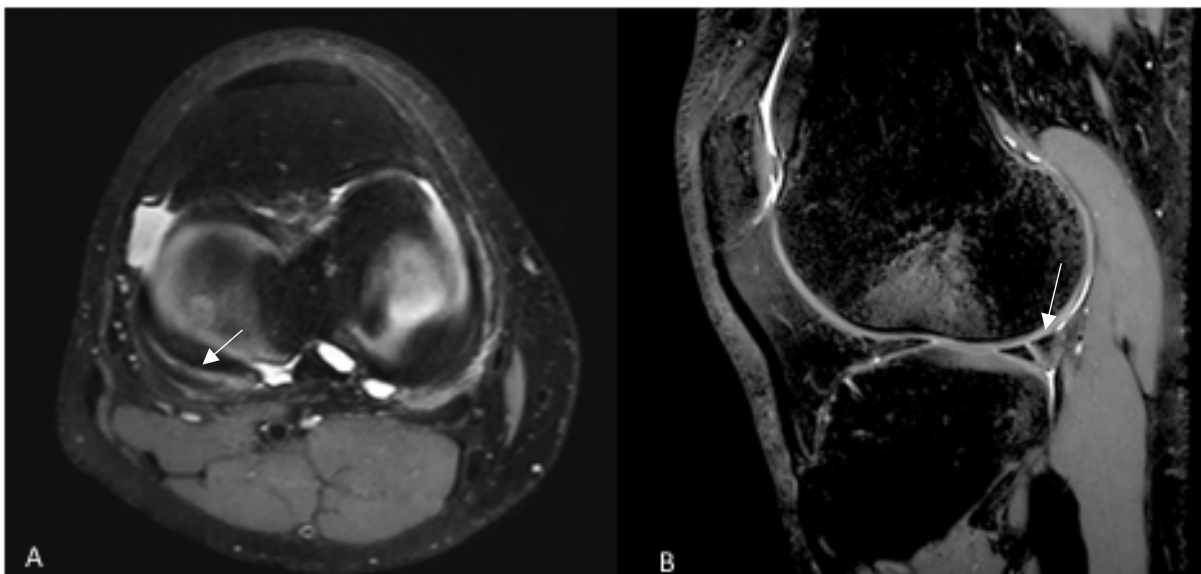


Figure 6 - Coupes axiales (A) et sagittales (B) en pondération 3D DP FS retrouvant une lésion longitudinale verticale de la corne postérieure du ménisque latéral, présence également d'une contusion osseuse en miroir du compartiment latéral

c. Rupture longitudinale horizontale

Une lésion horizontale est parallèle à l'axe du plateau tibial, impliquant soit l'une des deux surfaces articulaires, soit le bord libre central, et s'étend vers la périphérie, divisant le ménisque en une moitié supérieure et une moitié inférieure.

Ces ruptures se produisent généralement chez les patients âgés de plus de 40 ans sans traumatisme majeur retrouvé et dans le cadre d'arthropathies dégénératives sous-jacentes.

L'IRM retrouve un hypersignal linéaire atteignant la surface articulaire ou le bord libre.

Il n'est pas rare de visualiser une formation kystique associée dans le prolongement de la lésion liée à une communication avec le liquide articulaire.

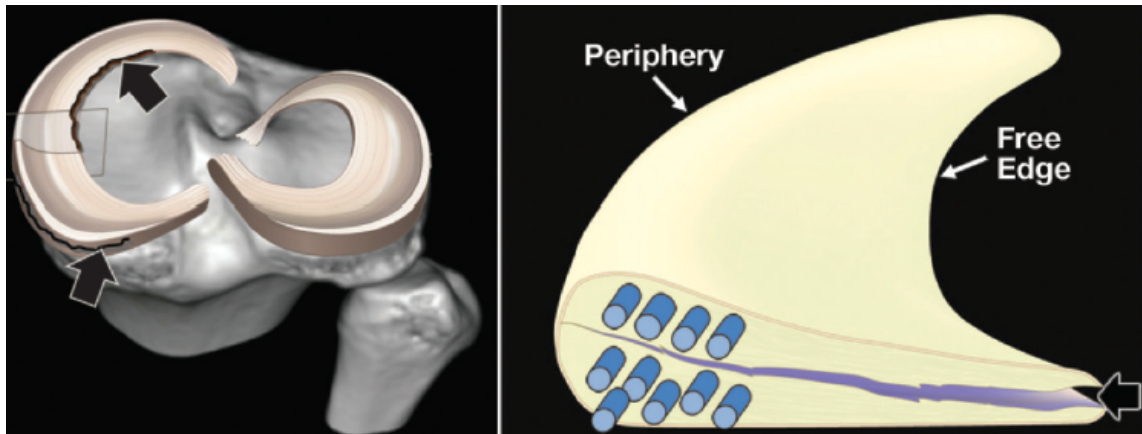


Figure 7 - Modélisation 3D d'une lésion méniscale longitudinale horizontale {A}

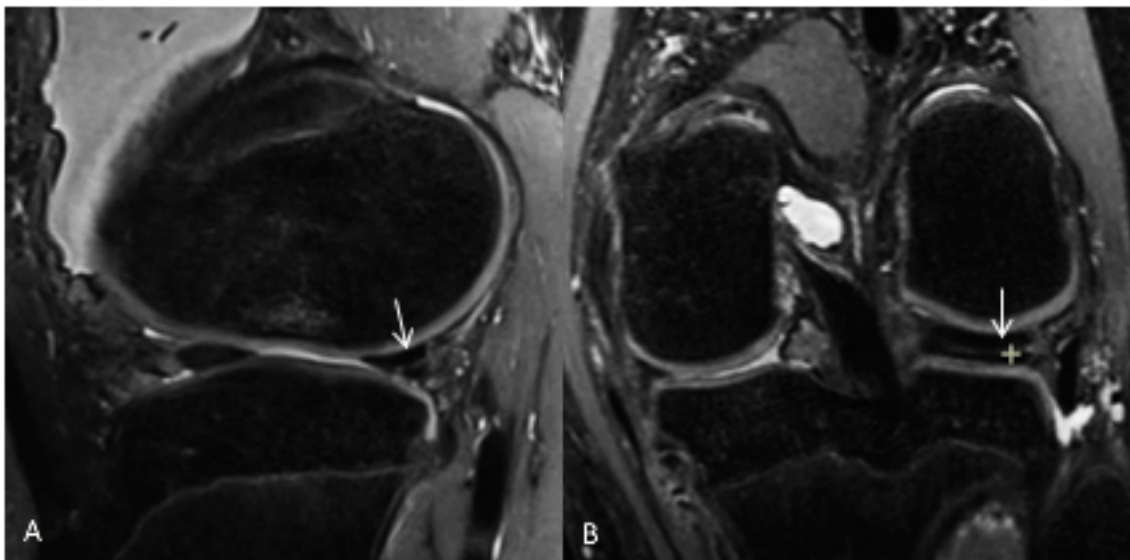


Figure 8 - Séquences sagittale (A) et coronale (B) 3D DP FS révélant une rupture longitudinale horizontale de la corne postérieure du ménisque latéral. Contusion osseuse du condyle fémoral latéral associé.

d. Rupture radiaire

Une déchirure radiaire est perpendiculaire à la fois au plateau tibial et au grand axe du ménisque, et s'étend du bord libre vers la périphérie. Contrairement aux lésions horizontales et longitudinales, les lésions radiaires interrompent complètement l'arc méniscal, entraînant une perte de fonction, et favorisent une extrusion méniscale.

Les lésions ont généralement une faible probabilité de guérison car elles sont situées en "zone blanche" avasculaire. Elles intéressent préférentiellement le ménisque médial à sa jonction corne antérieure/corps méniscal et le ménisque latéral au niveau de sa corne postérieure.

En IRM, on utilisera les termes de fissure, de « ménisque tronqué » ou de « ménisque fantôme », en fonction de la localisation de la lésion.

Par exemple,

- en coupes coronales, une lésion radiaire du corps méniscal apparaîtra sous la forme d'un « ménisque tronqué » ou de « ménisque fantôme », si elle est partielle ou totale. En revanche, si celle-ci intéresse la corne postérieure ou antérieure, elle se manifestera sous la forme d'une fissure ;
- en coupes axiales, l'aspect sera invariablement celui d'un hypersignal orienté perpendiculairement au grand axe du ménisque, atteignant le bord libre et s'étendant plus ou moins vers la périphérie avec au maximum une rupture transfixiante.

La fissure n'est pas spécifique aux lésions radiaires. Ainsi en coupes coronales, si la fissure intéresse le corps du ménisque, elle correspondra à une lésion longitudinale verticale, et si elle intéresse une corne, elle définira une lésion radiaire.

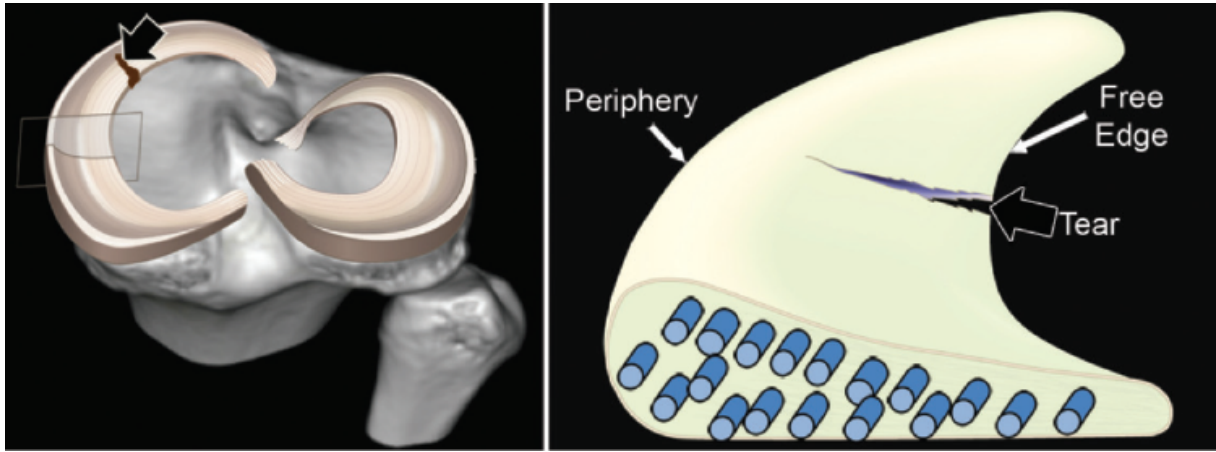


Figure 9 - Modélisation 3D d'une lésion méniscale radiaire {A}

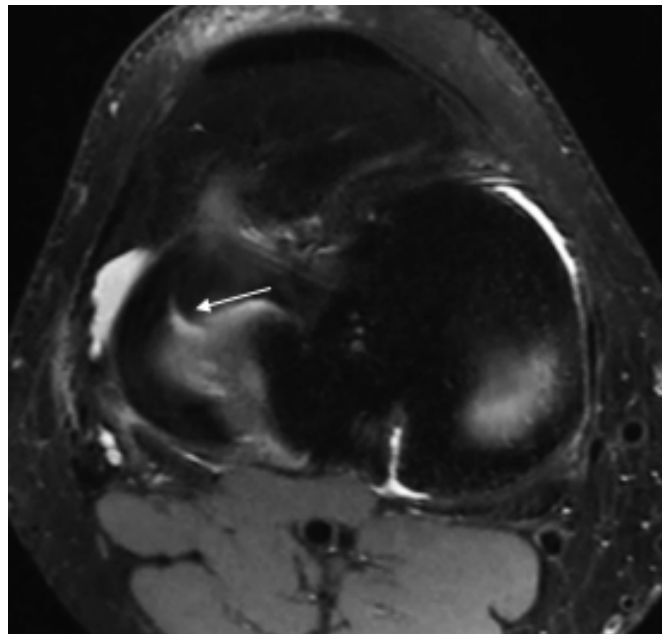


Figure 10 - Séquence axiale 3D DP FS révélant une rupture radiaire à la jonction corne antérieure-corps du ménisque latéral

e. Rupture complexe

Elle correspond à la combinaison d'au moins deux composantes parmi les trois suivantes : radiaire, longitudinale verticale ou horizontale.

f. Lésions méniscales déplacées

Elles incluent les fragments libres, les languettes méniscales déplacées et les anse de seau. Ces lésions sont souvent responsables de « blocages » du genou et nécessitent un traitement chirurgical. Un signe formel d'instabilité est la présence d'un fragment méniscal au sein des récessus fémoro-méniscal ou fémoro-tibial, signant la migration d'un fragment lors d'une rupture horizontale.

Les luxations en anse de seau correspondent à des lésions longitudinales verticales avec migration centrale du fragment médial. Elles intéressent, dans la majorité des cas, le ménisque médial.

Les différents signes observés en imagerie sont la visualisation directe du fragment migré dans l'espace intercondylien, donnant un aspect de « mégacorne postérieure », de « mégacorne antérieure », une image de « double ligament croisé postérieur » en cas de lésion du ménisque médial, exceptionnellement une image de « double ligament croisé antérieur » en cas d'atteinte du ménisque latéral.

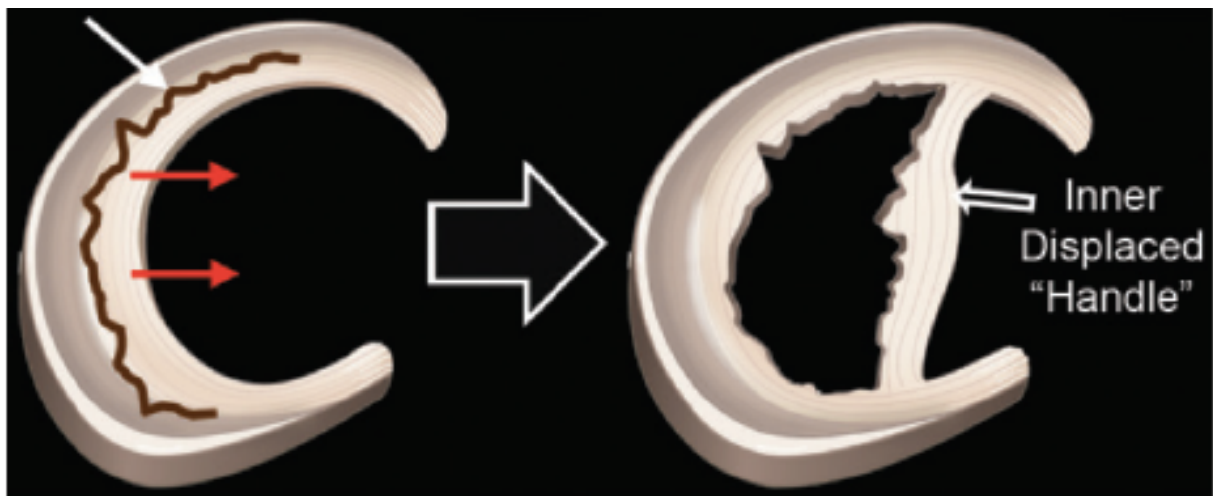


Figure 11 - Modélisation 3D de la lésion longitudinale verticale qui se déplace secondairement pour former l'anse de seau {A}

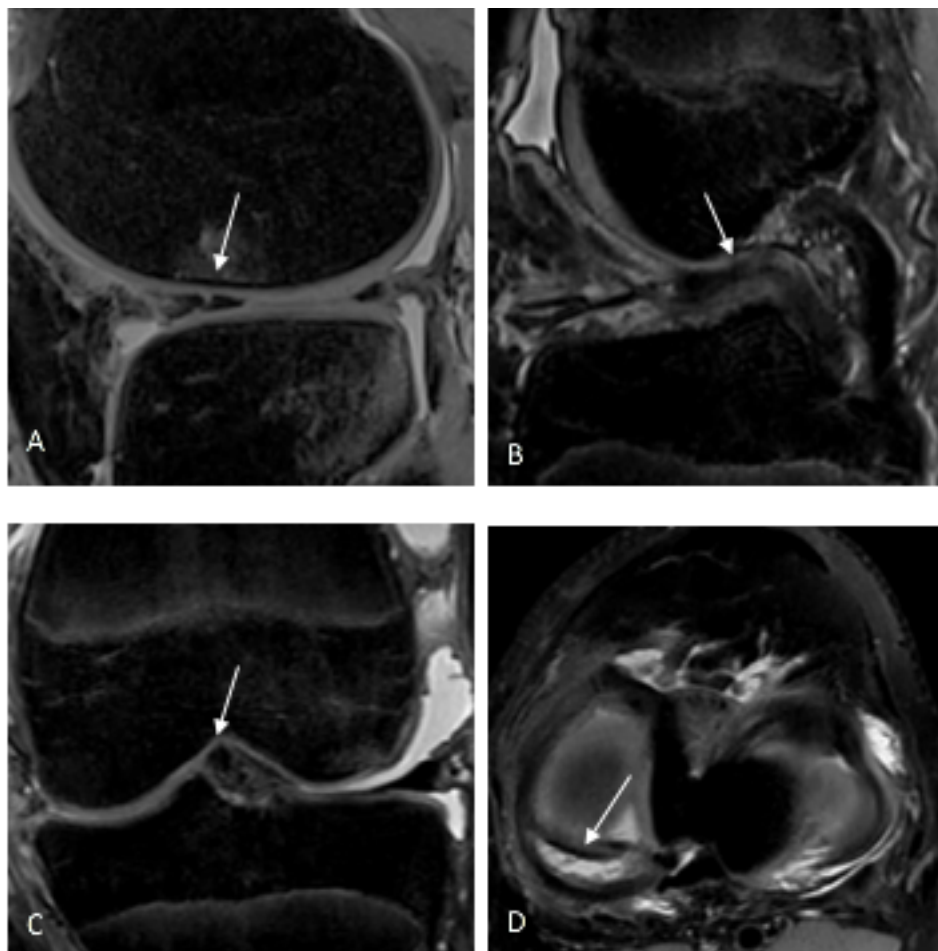


Figure 12 - Images illustrant les différents aspects de lésions méniscales déplacées : séquences sagittales retrouvant un aspect de méga corne antérieure (A) et de double ligament croisé postérieur (B), séquence coronale mettant en évidence un fragment méniscal déplacé au sein de l'échancrure intercondylienne (C), axiale retrouvant une lésion longitudinale verticale déplacée (« hémi anse de seau ») (D)

2. Ligament croisé antérieur

a. Rupture totale

Lors du traumatisme, un craquement audible accompagne généralement la rupture du LCA. L'examen clinique recherchera un épanchement intra-articulaire, mis en évidence par la présence d'un choc patellaire, correspondant à une hémarthrose. Plusieurs tests cliniques apprécieront l'état du LCA.

Le test de Lachman, où le patient est en décubitus dorsal, le genou en légère flexion. L'examineur empaume d'une main l'extrémité distale de la cuisse, de l'autre, l'extrémité proximale de la jambe. Il exerce une traction antérieure du segment jambier. Une translation antérieure exagérée du tibia sous le fémur avec arrêt mou indique une rupture totale du LCA.

La recherche d'un tiroir antérieur, le patient est en décubitus dorsal, le genou fléchi entre 60° et 90°.

L'examineur empaume des deux mains le segment jambier au niveau de sa partie proximale et exerce une traction antérieure. Le pied est bloqué par l'examineur, assis dessus. Le tiroir est dit positif quand il existe une avancée anormale et unilatérale du tibia sous le fémur. Sa positivité en rotation neutre du pied témoigne au minimum d'une rupture du LCA.

La recherche d'un ressaut rotatoire dynamique du genou (ou « jerk test ») se fait en passant de la position d'extension vers la flexion en imprimant un mouvement de valgus et de rotation interne du pied. Cette manœuvre se base sur la reproduction de la sensation d'instabilité rotatoire ressentie par le patient. Par la pratique de ces trois tests et les renseignements fournis par l'anamnèse, le diagnostic de lésion du LCA est souvent posé cliniquement.

Signes directs

- Discontinuité partielle ou totale des fibres.
- Déplacement antérieur en battant de cloche de fibres de la portion distale du ligament
- Absence de visualisation de LCA
- Horizontalisation du fragment distal du LCA, la rupture siège principalement dans sa partie proximale, le moignon distal va parfois s'accoler au LCP (mis en « nourrice »).
- Avulsion osseuse de l'insertion tibiale du LCA

Signes indirects

- Tiroir antérieur du plateau tibial latéral (distance entre les bords postérieurs du plateau tibial latéral et du condyle fémoral latéral > 5 mm).
- Contusions osseuses de la portion postérieure du plateau tibial latéral et de la portion inférieure du condyle latéral.
- Verticalisation du LCP, liée à une détente anormale du LCP.
- Double encoche du condyle fémoral latéral
- Lésions du point d'angle postéro-latéral
- Fracture de Segond

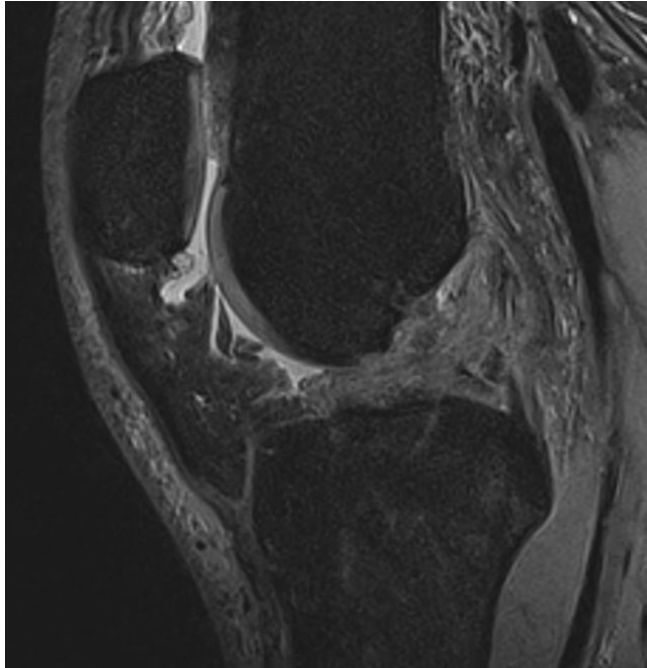


Figure 13 - Coupe sagittale médiane, rupture du LCA, remplacé par des remaniements œdémato-hémorragiques

b. Ruptures partielles

Les ruptures partielles du LCA sont de diagnostic difficile. Celui-ci est basé sur un faisceau d'arguments : un tiroir antérieur modéré avec arrêt dur est un élément clinique évocateur; radiologiquement, l'IRM retrouvera une anomalie de signal, un épaissement focal du ligament ou une interruption d'un seul faisceau.

3. Ligaments collatéraux

a. Le ligament collatéral médial

Au stade aigu, trois grades lésionnels peuvent être différenciés :

- le grade 1 correspond à une entorse bénigne : il est mis en évidence des zones péri-ligamentaires en hypersignal, sans solution de continuité des fibres ;
- le grade 2 correspond à une entorse de gravité moyenne : l'IRM montre une solution de continuité partielle des fibres du ligament collatéral médial ;
- le grade 3 correspond à une entorse grave : il existe une rupture ligamentaire complète.

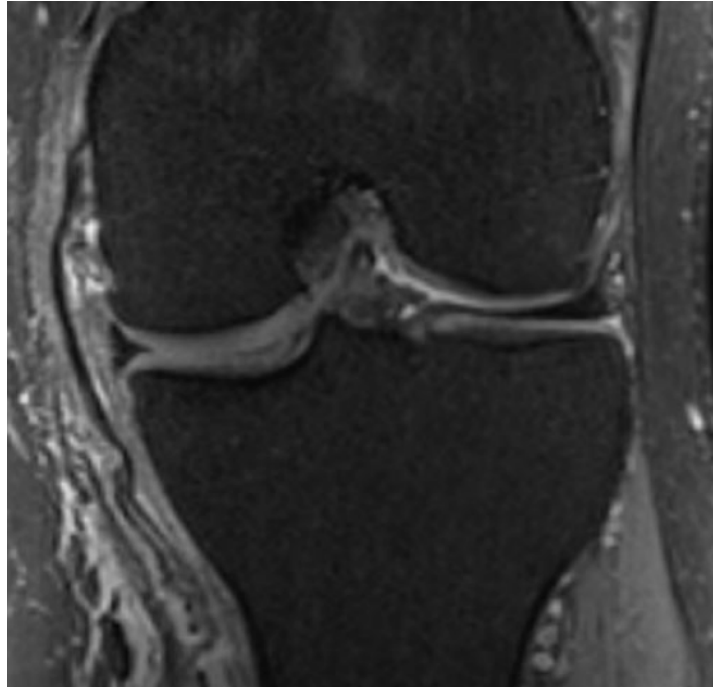


Figure 14 - Séquence coronale illustrant une rupture du ligament collatéral médial (grade 3) devant un aspect détendu du ligament, une désinsertion et une rétraction de sa portion distale ainsi qu'une infiltration des parties molles adjacentes.

b. Le ligament collatéral latéral

Les lésions du ligament collatéral fibulaire sont moins fréquentes et jamais isolées. Il faut rechercher une atteinte du point d'angle postéro-latéral, associant des lésions du tendon poplité, du ligament arqué (renforcement postéro-latéral de la capsule articulaire), du LCA et du LCP. La rupture du ligament collatéral fibulaire survient le plus souvent en plein corps ligamentaire ou au niveau de son insertion distale et est le plus souvent complète. Ces lésions complexes constituent une semi-urgence chirurgicale sous peine d'une instabilité résiduelle majeure.

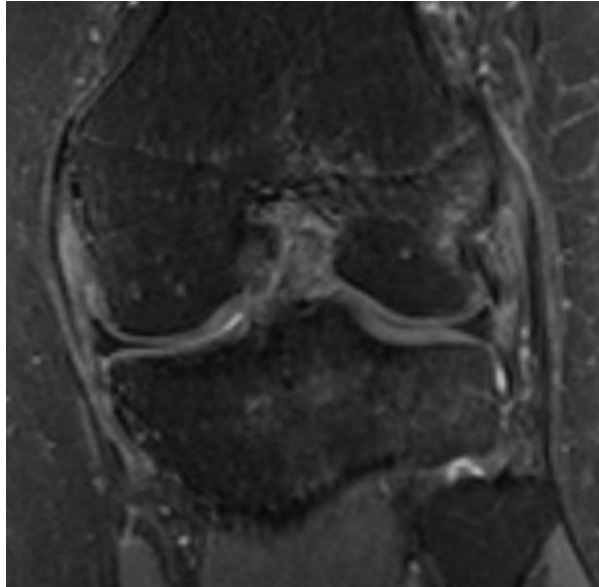


Figure 15 - Séquence coronale illustrant une entorse simple de l'insertion proximale du ligament collatéral latéral, hypersignal sans discontinuité évidente des fibres.

V. INTRODUCTION

L'imagerie par résonance magnétique a démontré sa performance dans le bilan lésionnel des genoux, dans un contexte post-traumatique. Elle est réalisée avant la chirurgie de la ligamentoplastie du ligament croisé antérieur pour confirmer les lésions ligamentaires, évaluer la présence ou non d'une lésion méniscale et d'anomalies cartilagineuses [18, 25].

Des lésions méniscales sont fréquemment retrouvées lors de rupture du ligament croisé antérieur, variant de 16 à 82% selon les études [10]. Ces lésions contribuent à des blocages du genou, une instabilité et une arthrose précoce malgré une ligamentoplastie du ligament croisé antérieur réussie [1, 3, 7, 12]. Plusieurs auteurs ont démontré que la détection des lésions méniscales est moindre en cas de rupture du ligament croisé antérieur concomitante en utilisant des séquences bidimensionnelles. Pour exemple, dans l'étude de Nam [14], la sensibilité décroît en passant de 94,0% à 70,2% pour le ménisque médial et de 82,9% à 71,4% pour le ménisque latéral, après rupture du ligament croisé antérieur.

Parmi les différentes séquences utilisées, celles pondérées en densité de proton avec saturation de la graisse offrent de bons résultats pour l'analyse des structures internes du genou [16, 19].

Le protocole d'IRM classiquement réalisé pour le bilan lésionnel du genou consiste en la réalisation de séquences en deux dimensions fast spin echo, répétées dans les trois plans de l'espace. Ce protocole a plusieurs désavantages, notamment l'épaisseur de coupe utilisée est de 3 à 4 mm, créant ainsi des effets de volume partiel, exposant au risque de méconnaître une lésion. Ces trois acquisitions participent également à une augmentation du temps d'acquisition. Les séquences tridimensionnelles avec résolution isotropique sont réalisables dans notre pratique courante grâce aux progrès des stations de traitement des IRM et des performances techniques pour réduire le temps d'acquisition et la durée du post-traitement [5]. Un des avantages de la résolution isotropique est de réduire les effets de volume partiel et permet une liberté complète dans le reformatage tridimensionnel et multiplanaire des images sans perte d'information. Plusieurs études ont démontré que l'utilisation des séquences tridimensionnelles présentait des performances diagnostiques similaires à celles des séquences bidimensionnelles répétées dans les trois plans de l'espace pour la détection des lésions méniscales [8].

A notre connaissance, aucune étude n'a évalué la performance diagnostique des séquences tridimensionnelles dans le diagnostic des lésions méniscales chez les patients présentant une rupture du ligament croisé antérieur.

Le but de notre étude était donc d'évaluer la performance diagnostique de la séquence 3D isotrope en densité protonique avec saturation de la graisse dans la détection des lésions méniscales chez les patients présentant une rupture du ligament croisé antérieur en utilisant l'arthroscopie comme référence.

VI. MATERIELS ET METHODES

1- Patients

Cette étude a été approuvée par le comité d'éthique d'aide à la recherche clinique (n° de dossier : 2017 091).

Entre Mars 2012 et Juin 2017, 386 patients ont bénéficié d'une ligamentoplastie du ligament croisé antérieur dans notre institution. Parmi ces patients, 306 ont été exclus pour les raisons suivantes :

- 186 ont réalisé leurs IRM préopératoires dans un autre centre d'imagerie,
- 76 IRM ne comportaient pas de séquences 3D isotropes en densité protonique avec saturation de la graisse,
- 10 patients avaient des antécédents de chirurgie du genou,
- 2 IRM ont été considérées comme de qualité trop médiocre pour être incluses,
- 32 patients présentaient un délai, entre le traumatisme et l'arthroscopie, de plus de 6 mois,
- 80 patients étaient éligibles pour l'étude.

2- Paramètres d'acquisition

Les examens ont été réalisés sur des IRM de 1,5 Tesla (Siemens AG, Erlangen, Allemagne) et 3 Tesla (Siemens AG, Erlangen, Allemagne) avec une antenne genou spécifique. Tous les patients étaient positionnés de la même façon, à savoir l'articulation au centre de l'antenne et le genou en extension.

Le protocole d'acquisition était identique pour tous les patients : un localisateur dans les 3 plans de l'espace, la séquence 3D SPACE fast spin echo isotropique sagittale en densité protonique avec saturation de la graisse, et une séquence sagittale en pondération T1 fast spin echo. Les données sources des acquisitions 3D isotropiques étaient utilisées pour créer des images reformatées de l'articulation du genou avec des épaisseurs de coupes de 0,5 et 0,7 mm respectivement pour la 3 Tesla et la 1,5 Tesla. Les détails des protocoles d'IRM sont retranscrits dans le tableau n°1.

Tableau n°1 - Paramètres des différentes séquences d'IRM

| Paramètres | 3T 3D DP FS | 3T Sagittale T1 | 1.5T 3D DP FS | 1.5T Sagittale T1 |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Temps de répétition (ms) | 900 | 761 | 1100 | 588 |
| Temps d'écho (ms) | 46 | 14 | 30 | 14 |
| FOV (mm) | 151x152 | 170x170 | 180x163 | 200x200 |
| Épaisseur de coupe (mm) | 0.5 | 3 | 0.7 | 3.5 |
| Intersection gap (mm) | NC | 0.6 | NC | 0.88 |
| Taille du pixel acquisition (mm) | 0.49 x 0.49 | 0.3x 0.3 | 0.7 x 0.7 | 0.45x 0.45 |
| Matrice d'acquisition | 320x300 | 576x432 | 256x234 | 448x336 |
| Longueur du train d'écho | 81 | 3 | 43 | 1 |
| Bande passante (Hz/pixel) | 460 | 347 | 698 | 149 |
| Angle de bascule (degrés) | 120 | 150 | 120 | 90 |
| Temps d'acquisition | 7 minutes 59 secondes | 2 minutes 05 secondes | 5 minutes 31 secondes | 1 minute 48 secondes |

3- Interprétation des IRM

Un interne (observateur n°1), un chef de clinique (observateur n°2) et un praticien hospitalier (observateur n°3) spécialisés en imagerie ostéo-articulaire ont rétrospectivement revu les IRM de chaque patient indépendamment. Ils étaient en aveugle des données cliniques et des résultats de l'arthroscopie. Les structures suivantes ont été étudiées et la présence ou l'absence de lésion était notée : ménisque médial, ménisque latéral, ligament collatéral médial, ligament collatéral latéral.

La présence d'une lésion méniscale était définie par l'extension d'un hypersignal linéaire atteignant les surfaces articulaires supérieure ou inférieure [3]. Une seule réponse était donnée pour chaque ménisque. Par exemple, même si plusieurs lésions méniscales étaient retrouvées au sein d'un même ménisque, les observateurs répondaient à la question par un seul oui.

Chaque lésion méniscale était classée selon la classification en vigueur la plus utilisée : lésions longitudinales horizontale, verticale, radiaire, complexe ou déplacée [15]. Les résultats de l'arthroscopie étaient considérés comme la référence pour les lésions méniscales [6].

Chaque ligament collatéral était classé dans un des quatre groupes suivants [20] :

- pas de lésion,
- le grade I, correspondant à un œdème sous cutané,
- le grade II, à une rupture partielle des fibres du ligament,
- le grade III, à une interruption complète des fibres.

Une contusion osseuse était définie par une augmentation du signal sur les séquences en densité protonique avec saturation de la graisse et une diminution du signal sur les séquences en pondération T1 [13, 17, 24].

La présence ou non d'une contusion osseuse au niveau du condyle fémoral latéral, du condyle fémoral médial, du plateau tibial latéral et du plateau tibial médial était notée.

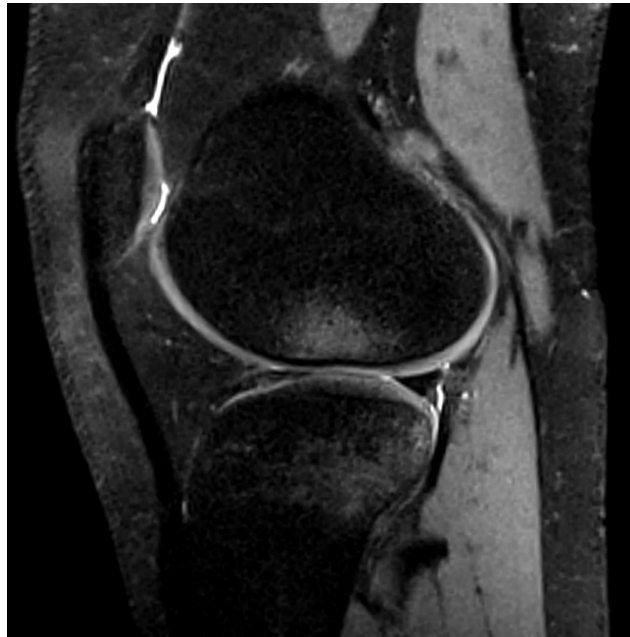


Figure 16 - Séquence sagittale illustrant l'œdème en miroir avec un hypersignal DP FS du condyle fémoral latéral et de la marge postérieure du plateau tibial latéral.

4- Arthroscopie

Chaque patient a bénéficié d'une arthroscopie du genou dans les 6 mois qui suivirent le traumatisme (intervalle de temps 3-182 jours, moyenne 98.3 jours \pm 48.3 (déviat ion standard)) par une équipe de chirurgiens orthopédiques entraînée. La décision de pratiquer une exploration par arthroscopie était basée sur les données de l'interrogatoire, de l'examen clinique et les résultats de l'IRM. L'arthroscopie était à visée diagnostique mais également thérapeutique puisque tous les patients ont eu une ligamentoplastie du LCA associée.

5- Analyses statistiques

Pour chaque test statistique, la différence était considérée comme significative si la valeur de P était inférieure à 0,05. L'accord inter-observateur a été évalué en utilisant le coefficient kappa pour l'évaluation des lésions des ménisques médial et latéral, des ligaments collatéraux médial et latéral. Une valeur du coefficient kappa supérieure à 0 indiquait une corrélation positive selon les modalités suivantes :

- de 0.01 à 0.20, l'accord inter-observateur n'était pas bon,
- de 0.21 à 0.40, l'accord était considéré comme médiocre,
- de 0.41 à 0.60, l'accord était modéré,
- de 0.61 à 0.80, l'accord était bon,
- de 0.81 à 1.00, l'accord était excellent [11].

En utilisant les résultats de l'arthroscopie comme référence: la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive, la valeur prédictive négative de la séquence tridimensionnelle pour la détection des lésions méniscales ont été calculées. Le test du χ^2 a été utilisé dans un modèle univarié, d'une part pour tester l'association entre les contusions osseuses et les lésions méniscales, et d'autre part pour comparer les performances diagnostiques de chaque observateur avec la puissance de l'aimant de chaque IRM (1,5 ou 3 Tesla).

VII. RESULTATS

1. Population

La population de l'étude comprenait 20 femmes et 60 hommes dont l'âge moyen était de 25,36 ans (intervalle de 15 à 52 ans). Vingt-sept patients ont bénéficié d'une IRM à 1,5 T et 53 d'une IRM à 3 T. La durée moyenne entre la blessure et l'IRM était de 30,85 jours (intervalle de 1 à 98 jours). Les pratiques sportives au moment du traumatisme responsable de la rupture du LCA ont été retranscrites dans le tableau 2.

Tableau n°2 - Pratiques sportives au moment du traumatisme

| Sports | |
|------------------------------------|-----------------------|
| Football | 30% (24/80) |
| Handball, Chute | 13,75% (11/80) chacun |
| Rugby | 11,25% (9/80) |
| Ski | 7,5% (6/80) |
| Basketball | 5% (4/80) |
| Volleyball, Gymnastique, Judo | 3,75% (3/80) chacun |
| Equitation | 2,5% (2/80) |
| Jogging, Kick boxing, Tennis, Quad | 1,25% (1/80) chacun |

2. Lésions méniscales

L'arthroscopie a retrouvé une prévalence de lésions méniscales de 40% (32 genoux présentait au moins une lésion méniscale).

Parmi elles, 26 intéressaient le ménisque latéral (32,5%) et 16 le ménisque médial (20,0%). Les lésions du ménisque latéral étaient localisées uniquement au niveau des cornes postérieures pour 21 (80%) d'entre elles, intéressaient les cornes postérieures et le corps du ménisque pour deux d'entre elles, la corne antérieure et le corps pour une, électivement le corps pour une et enfin l'ensemble du ménisque pour une.

Pour le ménisque médial, 13 lésions (81%) concernaient la corne postérieure et trois l'ensemble des segments.

Les interprétations des IRM retrouvaient 23 lésions du ménisque latéral (28,75%) et 18 du ménisque médial (22,5%). Il y avait 10 ruptures longitudinales verticales (43,4%), 4 ruptures radiaires (17,4%), 5 lésions complexes (21,7%), 3 anses de seau (13,0%), 1 rupture longitudinale horizontale (4,3%) pour le ménisque latéral.

Concernant le ménisque médial, 6 lésions complexes (33,3%), 6 ruptures longitudinales verticales (33,3%), 4 anses de seau (22,2%), 2 lésions horizontales (11,1%) ont été diagnostiquées.

Les accords inter-observateurs pour le ménisque latéral étaient bon et excellent (0,77 et 0,83). Les accords inter-observateurs pour le ménisque médial étaient bons (0,72 et 0,78). Les accords inter-observateurs étant considérés comme satisfaisant, seuls les résultats de l'interne ont été communiqués.

La sensibilité, la spécificité, la VPP, la VPN et la précision sont détaillées dans le tableau n°3.

La description des lésions des ligaments collatéraux et les accords inter-observateurs entre deux observateurs sont donnés dans le tableau n°4, ils étaient bons pour le ligament collatéral médial et modérés pour le ligament collatéral latéral.

Les performances diagnostiques ne différaient pas significativement pour les lésions des ménisques médial et latéral que ce soit pour les examens réalisés sur les machines à 1,5 ou 3 Tesla pour les trois observateurs, les résultats des tests chi 2 étant compris entre 0,214 et 0,657.

Tableau n°3 - Sensibilité, Spécificité, VPP, VPN de la séquence 3D DP FS dans la détection des lésions méniscales

| | Ménisque latéral | Ménisque médial |
|-------------|------------------|------------------|
| Sensibilité | 86.9 [73.2-1.00] | 87.5 [71.2-1.00] |
| Spécificité | 94.7 [88.9-1.00] | 93.7 [87.8-99.7] |
| VPP | 86.9 [73.2-1.00] | 77.7 [58.6-96.9] |
| VPN | 94.7 [88.9-1.00] | 96.7 [92.3-1.00] |

VPP= valeur prédictive positive, VPN= valeur prédictive négative. Les nombres entre parenthèses sont les bornes inférieures et supérieures d'un intervalle de confiance à 95%.

Tableau n°4 - Description et accords inter-observateurs
pour les lésions des LCM et LCL pour les observateurs n°1 et 2

| | Observateur 1 | Observateur 2 | kappa |
|-----------------|----------------|----------------|-------|
| Lésions des LCL | 13.75% (11/80) | 13,75% (11/80) | 0.58 |
| Grade I | 6.25% (5/80) | 8.75% (7/80) | |
| Grade II | 3.75% (3/80) | 0% (0/80) | |
| Grade III | 3.75% (3/80) | 5% (4/80) | |
| Lésions des LCM | 36.25% (29/80) | 41.25% (33/80) | 0.79 |
| Grade I | 25% (20/80) | 26.25% (21/80) | |
| Grade II | 5.0% (4/80) | 8.75% (7/80) | |
| Grade III | 6.25% (5/80) | 6.25% (5/80) | |

Notes : Les données entre parenthèses ont été utilisées pour calculer les pourcentages
LCL= ligament collatéral latéral, LCM= ligament collatéral médial

3. Contusions osseuses

La prévalence des contusions osseuses était de 46,2% (37/80) au niveau du condyle fémoral médial, 70% (56/80) dans le condyle fémoral latéral, 53,7% (43/80) dans le plateau tibial médial, 80% (64/80) dans le plateau tibial latéral et 31,2% (25/80) pour la combinaison des deux dans le compartiment médial et 65% (52/80) dans le compartiment latéral. La prévalence des lésions du ménisque latéral et celle du ménisque médial n'ont pas augmenté de manière significative parmi les groupes de patients présentant une contusion osseuse dans le condyle fémoral médial ($p = 0,07$ et $p = 0,822$), le condyle fémoral latéral ($p = 0,118$ et $p = 0,464$), le plateau tibial médial ($p = 0,499$ et $p = 0,432$), le plateau tibial latéral ($p = 0,711$ et $p = 0,208$), pour ceux qui avaient une contusion osseuse à la fois dans le condyle fémoral médial et le plateau tibial médial ($p = 0,527$ et $p = 0,546$) et ceux dans le condyle fémoral latéral et le plateau tibial latéral ($p = 0,288$ et $p = 0,160$), respectivement. Il y avait juste une tendance non significative ($p = 0,07$) dans le groupe pour lequel la contusion osseuse était présente dans le condyle fémoral médial pour le ménisque latéral.

VIII. DISCUSSION

Cette étude a démontré la performance de la séquence 3D isotopique en densité protonique avec saturation de la graisse pour diagnostiquer les lésions méniscales chez les patients présentant une rupture du LCA. La sensibilité, la spécificité et la VPN étaient supérieures à 85%, exceptée la VPP du ménisque médial (77,7%). Les séquences 3D offrent une bonne reproductibilité pour détecter les lésions méniscales, les accords inter-observateurs étaient substantiels ou presque parfaits en utilisant le coefficient kappa pour l'estimer. À notre connaissance, il s'agit de la première étude à évaluer l'accord inter-observateur pour la détection des lésions méniscales avec cette séquence chez trois observateurs ayant différents niveaux d'expérience (interne à praticien hospitalier) chez les patients présentant une rupture du LCA.

La prévalence des lésions méniscales dans notre population de patients présentant une rupture du LCA (40%) est proche de celle de l'étude de Kilcoyne et al. [10] où la prévalence était de 39,6% dans une population de jeunes sportifs présentant une rupture du LCA. L'exploration arthroscopique a révélé 26 lésions du ménisque latéral (32,5%) et 16 lésions du ménisque médial (20%).

La VPN pour la détection des déchirures méniscales était respectivement de 94,7% et 96,7% pour le ménisque latéral et le ménisque médial dans cette étude. Ces résultats sont supérieurs aux résultats d'une méta-analyse (91,6% et 90,1%, respectivement pour le ménisque médial et le ménisque latéral) [2], et de plusieurs études (valeurs comprises entre 81,7 et 88%) [25] utilisant des séquences bidimensionnelles répétées dans les trois plans de l'espace. Une des hypothèses pour expliquer cette différence est la réduction des effets de volume partiel permise grâce à la finesse des acquisitions et à la liberté offerte par les reconstructions multiplanaires des séquences isotropiques, en particulier pour explorer les cornes postérieures des ménisques, décrites dans les études comme un facteur de confusion [4, 12].

Il y avait deux faux négatifs pour le ménisque médial et trois faux négatifs pour le ménisque latéral. Trois parmi ces cinq faux négatifs étaient situés à la périphérie des cornes postérieures. Une explication possible à ces discordances était la présence d'un signal élevé en périphérie de la corne postérieure ainsi que des éléments ménisco-capsulaires adjacents en lien avec une contusion locale dans laquelle il est difficile de distinguer le signal linéaire définissant la lésion méniscale. En effet, il est communément admis que les lésions ménisco-capsulaires des cornes postérieures constituent le principal point faible de l'IRM, en particulier pour le ménisque médial, récemment dénommé « ramp lesion » [4]. DePhillipo et al. ont conclu

que l'IRM préopératoire ne permettait pas d'identifier de manière satisfaisante les lésions ménisco-capsulaires chez les patients présentant une rupture du LCA, car parmi les 50 « ramp lesions » diagnostiquées lors d'une arthroscopie, seules 24 (48%) d'entre elles présentaient une imagerie préopératoire compatible avec ces lésions. Le quatrième faux négatif était une mauvaise interprétation d'un signal élevé atteignant la surface articulaire tibiale de la corne postérieure.

Il y avait trois faux positifs parmi les lésions décrites du ménisque latéral et quatre faux positifs pour celles du ménisque médial, qui concernaient toutes les cornes postérieures des ménisques. Comparativement à d'autres études où les VPP atteignaient 82% [21], 83,2% [2], 88,7% [25], la VPP des lésions du ménisque médial était légèrement inférieure dans notre étude (77,7%). Elle était probablement due à une surestimation des lésions ménisco-capsulaires de la corne postérieure du ménisque médial, car trois des quatre faux positifs étaient concernés. Cependant, une explication de ces discordances pourrait provenir de la décision de choisir l'arthroscopie comme référence, en particulier pour diagnostiquer les lésions méniscales périphériques de la corne postérieure du ménisque médial qui surviennent fréquemment en association à une rupture du LCA. En effet, cette région est de visualisation difficile lors des techniques traditionnelles d'arthroscopie par voie d'abord antéro-médiale pour les instruments et antéro-latérale pour l'arthroscope.

Sonnery et al. [22] ont démontré que parmi les 125 lésions du ménisque médial observées chez des patients présentant une rupture aiguë du LCA, 50 étaient considérées comme des « ramp lesions », 29 (23,2%) d'entre elles ont été diagnostiquées lors de l'exploration « classique » du compartiment postéro-médial, en revanche le diagnostic de 21 (16,8%) d'entre elles a été redressé grâce à une voie d'abord postéro-médiale située juste au-dessus du ménisque médial, à proximité du condyle fémoral, obtenue après une incision cutanée et une dissection des tissus sous-cutanés, et permettant une visualisation directe de la corne postérieure du ménisque médial. Ils ont conclu que cette voie d'abord postéro-médiale aidait à la détection des lésions de la corne postérieure du ménisque médial, celles-ci pouvant être facilement ignorées lors d'une exploration antérieure standard. Dans notre étude rétrospective, bien qu'aucune attention particulière n'ait été accordée au chirurgien en IRM préopératoire, l'exploration standard pourrait avoir négligé des « ramp lesion ». Le quatrième des faux positifs concernait un signal intra-méniscal linéaire élevé venant juste au contact de la surface articulaire.

Il n'y avait pas de différence significative en terme de performance diagnostique pour les lésions du ménisque médial ou latéral que ce soit en utilisant une puissance de l'aimant de l'IRM à 1.5 ou 3.0 Tesla. Nos résultats sont en accord avec ceux de Van Dyck et al. [23] , qui démontrait que l'utilisation d'un protocole IRM à 3.0 Tesla n'améliorait pas significativement la performance diagnostique dans l'évaluation des ménisques et du LCA par rapport à un protocole sur une machine à 1.5 Tesla similaire dans une cohorte de deux cents patients.

Les contusions osseuses typiques observées en cas de rupture du LCA intéressent le condyle fémoral latéral et la marge postérieure du plateau tibial latéral et s'expliquent par le mécanisme de ressaut rotatoire (« pivot shift ») observé lors de la rupture du LCA. Le mécanisme expliquant la présence de contusion osseuse dans le compartiment médial en association avec une rupture du LCA n'est pas complètement élucidé.

L'hypothèse principale est une lésion de contrecoup de la marge postérieure de la face médiale du plateau tibial par un mécanisme de varus compensatoire et une rotation interne du fémur [9]. Dans notre étude, la prévalence des lésions méniscales latérales ou médiales n'a pas augmenté de manière significative chez les groupes de patients présentant une contusion osseuse dans le compartiment médial. Il y avait simplement une tendance non significative ($p = 0,07$) dans le groupe pour lequel la contusion osseuse était présente dans le condyle fémoral médial et les lésions du ménisque latéral.

Ces résultats sont différents de ceux de Yoon et al. En effet, ils ont remarqué que la prévalence des lésions méniscales augmentait significativement si la contusion osseuse était uniquement présente dans le compartiment latéral et en cas de combinaison dans les compartiments latéral et médial. La prévalence des lésions des ménisques latéraux et médiaux était respectivement de 54% et 51%, alors que dans notre étude, elles étaient respectivement de 32,5% et 20%. Nous avons basé ces résultats sur 26 lésions du ménisque latéral et 16 pour le ménisque médial, contre 44 et 41 dans leur étude, un manque de pouvoir pourrait expliquer ces différences.

Certaines limites ont été identifiées dans cette étude. Premièrement, c'était une étude rétrospective. Deuxièmement, la population ne concerne que les patients présentant une rupture du LCA, nous ne pouvons pas extrapoler ces résultats sur une population sans rupture du LCA. Troisièmement, nous n'avons pas comparé notre population aux séquences 2D conventionnelles répétées dans trois plans de l'espace, nous ne pouvons donc pas conclure à la supériorité des séquences 3D.

IX. CONCLUSION

En conclusion, nous avons démontré que la séquence tridimensionnelle en densité protonique avec saturation de la graisse offre une bonne reproductibilité, des performances robustes pour diagnostiquer les lésions méniscales chez les patients présentant une rupture du LCA et représente une méthode d'imagerie applicable en pratique clinique, offrant des temps d'acquisition réduits en comparaison aux séquences traditionnelles.

X. BIBLIOGRAPHIE

1. Brambilla L, Pulici L, Carimati G, Quaglia A, Prospero E, Bait C, Morengi E, Portinaro N, Denti M, Volpi P (2015) Prevalence of Associated Lesions in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Correlation With Surgical Timing and With Patient Age, Sex, and Body Mass Index. *Am J Sports Med* 43:2966–2973
2. Crawford R, Walley G, Bridgman S, Maffulli N (2007) Magnetic resonance imaging versus arthroscopy in the diagnosis of knee pathology, concentrating on meniscal lesions and ACL tears: a systematic review. *Br Med Bull* 84:5–23
3. De Smet AA, Norris MA, Yandow DR, Quintana FA, Graf BK, Keene JS (1993) MR diagnosis of meniscal tears of the knee: importance of high signal in the meniscus that extends to the surface. *AJR Am J Roentgenol* 161:101–107
4. DePhillipo NN, Cinque ME, Chahla J, Geeslin AG, Engebretsen L, LaPrade RF (2017) Incidence and Detection of Meniscal Ramp Lesions on Magnetic Resonance Imaging in Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 363546517704426
5. Duc SR, Pfirrmann CWA, Koch PP, Zanetti M, Hodler J (2008) Internal Knee Derangement Assessed with 3-minute Three-dimensional Isovoxel True FISP MR Sequence: Preliminary Study. *Radiology* 246:526–535
6. Fischer SP, Fox JM, Del Pizzo W, Friedman MJ, Snyder SJ, Ferkel RD (1991) Accuracy of diagnoses from magnetic resonance imaging of the knee. A multi-center analysis of one thousand and fourteen patients. *J Bone Joint Surg Am* 73:2–10
7. Guermazi A, Hayashi D, Jarraya M, Roemer FW, Zhang Y, Niu J, Crema MD, Englund M, Lynch JA, Nevitt MC, Torner JC, Lewis CE, Felson DT (2013) Medial posterior meniscal root tears are associated with development or worsening of medial tibiofemoral cartilage damage: the multicenter osteoarthritis study. *Radiology* 268:814–821
8. Jung JY, Yoon YC, Kim HR, Choe B-K, Wang JH, Jung JY (2013) Knee Derangements: Comparison of Isotropic 3D Fast Spin-Echo, Isotropic 3D Balanced Fast Field-Echo, and Conventional 2D Fast Spin-Echo MR Imaging. *Radiology* 268:802–813
9. Kaplan PA, Gehl RH, Dussault RG, Anderson MW, Diduch DR (1999) Bone contusions of the posterior lip of the medial tibial plateau (contrecoup injury) and associated internal derangements of the knee at MR imaging. *Radiology* 211:747–753
10. Kilcoyne KG, Dickens JF, Haniuk E, Cameron KL, Owens BD (2012) Epidemiology of meniscal injury associated with ACL tears in young athletes. *Orthopedics* 35:208–212
11. Kundel HL, Polansky M (2003) Measurement of observer agreement. *Radiology* 228:303–308
12. LaPrade RF, Ho CP, James E, Crespo B, LaPrade CM, Matheny LM (2015) Diagnostic accuracy of 3.0 T magnetic resonance imaging for the detection of meniscus posterior root pathology. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 23:152–157
13. Mink JH, Deutsch AL (1989) Occult cartilage and bone injuries of the knee: detection, classification, and assessment with MR imaging. *Radiology* 170:823–829
14. Nam T-S, Kim MK, Ahn JH (2014) Efficacy of magnetic resonance imaging evaluation for meniscal tear in acute anterior cruciate ligament injuries. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc* 30:475–482
15. Nguyen JC, De Smet AA, Graf BK, Rosas HG (2014) MR Imaging–based Diagnosis and Classification of Meniscal Tears. *RadioGraphics* 34:981–999
16. Notohamiprodjo M, Horng A, Pietschmann MF, Müller PE, Horger W, Park J, Crispin A, del Olmo JRG, Weckbach S, Herrmann KA, Reiser MF, Glaser C (2009) MRI of the knee at 3T: first clinical results with an isotropic PDfs-weighted 3D-TSE-sequence. *Invest Radiol* 44:585–597

17. Papalia R, Torre G, Vasta S, Zampogna B, Pedersen DR, Denaro V, Amendola A (2015) Bone bruises in anterior cruciate ligament injured knee and long-term outcomes. A review of the evidence. *Open Access J Sports Med* 6:37–48
18. Rangger C, Klestil T, Kathrein A, Inderster A, Hamid L (1996) Influence of magnetic resonance imaging on indications for arthroscopy of the knee. *Clin Orthop* 133–142
19. Schäfer FKW, Schäfer PJ, Brossmann J, Frahm C, Hilgert R-E, Heller M, Jahnke T (2006) Value of Fat-Suppressed Proton-Density-Weighted Turbo Spin-Echo Sequences in Detecting Meniscal Lesions: Comparison with Arthroscopy. *Acta Radiol* 47:385–390
20. Schweitzer ME, Tran D, Deely DM, Hume EL (1995) Medial collateral ligament injuries: evaluation of multiple signs, prevalence and location of associated bone bruises, and assessment with MR imaging. *Radiology* 194:825–829
21. Sharifah MIA, Lee CL, Suraya A, Johan A, Syed AFSK, Tan SP (2015) Accuracy of MRI in the diagnosis of meniscal tears in patients with chronic ACL tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 23:826–830
22. Sonnery-Cottet B, Conteduca J, Thauinat M, Gunepin FX, Seil R (2014) Hidden Lesions of the Posterior Horn of the Medial Meniscus: A Systematic Arthroscopic Exploration of the Concealed Portion of the Knee. *Am J Sports Med* 42:921–926
23. Van Dyck P, Vanhoenacker FM, Lambrecht V, Wouters K, Gielen JL, Dossche L, Parizel PM (2013) Prospective comparison of 1.5 and 3.0-T MRI for evaluating the knee menisci and ACL. *J Bone Joint Surg Am* 95:916–924
24. Viskontas DG, Giuffre BM, Duggal N, Graham D, Parker D, Coolican M (2008) Bone bruises associated with ACL rupture: correlation with injury mechanism. *Am J Sports Med* 36:927–933
25. Wong KPL, Han AX, Wong JLY, Lee DYH (2017) Reliability of magnetic resonance imaging in evaluating meniscal and cartilage injuries in anterior cruciate ligament-deficient knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 25:411–417

{A} MR Imaging–based Diagnosis and Classification of Meniscal Tears, Jie C. Nguyen et al, *Radiographics*, 2014, doi.org/10.1148/rg.344125202

Vu, le Directeur de Thèse

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'A' followed by a horizontal line.

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

LOHAT Tristan

48 pages – 4 tableaux – 16 figures

Résumé :

Les séquences classiquement réalisées dans le bilan lésionnel du genou sont bidimensionnelles. Les séquences tridimensionnelles isotropiques permettent de s'affranchir des effets de volume partiel et offrent une liberté de reconstruction des images dans tous les plans. Nous avons évalué la reproductibilité et la performance diagnostique de la séquence tridimensionnelle isotrope pondérée en densité de proton avec saturation de la graisse dans le diagnostic des lésions méniscales chez les patients présentant une rupture du ligament croisé antérieur, en corrélant les résultats aux données de l'arthroscopie. Quatre-vingts patients ayant bénéficié d'une IRM avec réalisation d'une séquence 3D PD FS à 1,5 (27 patients) ou 3 Tesla (53 patients), avant de bénéficier d'une arthroscopie du genou dans notre établissement, ont été inclus. Un interne, un chef de clinique et un médecin spécialisés en imagerie musculo-squelettique ont interprété les IRM de manière indépendante et en aveugle des résultats de l'arthroscopie. La présence ou non d'une lésion méniscale à l'IRM et à l'arthroscopie a été retranscrite. Les résultats de l'arthroscopie ont été considérés comme la référence.

L'accord inter-observateur pour le ménisque latéral était de 0,77 et 0,83, et pour le ménisque médial 0,72 et 0,78. La sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive, la valeur prédictive négative pour le diagnostic IRM des lésions du ménisque latéral étaient de 86,9, 94,7, 86,9 et 94,7 respectivement, alors que celles du ménisque médial étaient de 87,5, 93,7, 77,7 et 96,7, respectivement. Les performances diagnostiques ne différaient pas significativement que ce soit pour le ménisque médial ou latéral en fonction de la puissance de l'aimant (de 1,5 ou 3 Tesla) ($p > 0,05$). La séquence 3D PD FS offre donc une bonne reproductibilité dans notre étude et une robustesse pour le diagnostic des lésions méniscales chez des patients présentant une rupture du ligament croisé antérieur.

Mots clés : Imagerie par résonance magnétique – séquences tridimensionnelles – Ménisque – Arthroscopie – Ligament croisé antérieur

Jury :

Président du Jury : Professeur Laurent BRUNEREAU

Directeur de thèse : Docteur Arnaud GEFFRAY

Membres du Jury : Professeur Jean-Philippe COTTIER

: Professeur Frédérique PATAT

Docteur Julien BERHOUET

Docteur Loïc BOUILLEAU

: Date de soutenance : 23.11.18