

UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTÉS DE MÉDECINE

ANNÉE 2020

2020 TOU3 1641

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE
MÉDECINE SPÉCIALISÉE CLINIQUE

Présentée et soutenue publiquement

par

Marion LAURENS

le 09/10/2020

Quelles performances de l'IRM pour le diagnostic de ramp lésion ?

Directeur de thèse : Pr Marie FARUCH-BILFELD

JURY

Monsieur le Professeur Nicolas SANS

Président

Madame le Professeur Marie FARUCH-BILFELD

Assesseur

Monsieur le Professeur Etienne CAVAINAC

Assesseur

Madame le Docteur Julie VIAL

Assesseur

Madame le Docteur Claire RICARD

Suppléant



TABLEAU du PERSONNEL HOSPITALO-UNIVERSITAIRE
des Facultés de Médecine de l'Université Toulouse III - Paul Sabatier
au 1^{er} septembre 2019

Professeurs Honoraires

Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. FREXINOS Jacques
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle
Doyen Honoraire	M. LAZORTHES Yves	Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre	Professeur Honoraire	M. GHISOLFI Jacques
Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel	Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis
Doyen Honoraire	M. VINEL Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. GUIRAUD CHAUMEIL Bernard
Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel	Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. ADER Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. JOFFRE Francis
Professeur Honoraire	M. ALBAREDE Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LACOMME Yves
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. ARLET Jacques	Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche
Professeur Honoraire	M. ARLET Philippe	Professeur Honoraire	M. LARENG Louis
Professeur Honoraire	M. ARLET-SUAU Elisabeth	Professeur Honoraire	M. LAURENT Guy
Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Franck
Professeur Honoraire	M. BARRET André	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Yves
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe	Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire	M. BOCCALON Henri	Professeur Honoraire	M. MANELFE Claude
Professeur Honoraire	M. BONAFÉ Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. BONEU Bernard	Professeur Honoraire	M. MASSIP Patrice
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE Jean-Paul	Professeur Honoraire	Mme MARTY Nicole
Professeur Honoraire	M. BOUTAULT Franck	Professeur Honoraire	M. MAZIERES Bernard
Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland	Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier
Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe	Professeur Honoraire	M. MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. CARATERO Claude	Professeur Honoraire	M. MURAT
Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre	Professeur Honoraire	M. OLIVES Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARRIERE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. PASCAL Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel	Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard	Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire	M. CHABANON Gérard	Professeur Honoraire	M. PONTONNIER Georges
Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard	Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. CLANET Michel	Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques
Professeur Honoraire	M. CONTE Jean	Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline
Professeur Honoraire	M. COSTAGLIOLA Michel	Professeur Honoraire	M. PUEL Pierre
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean	Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel
Professeur Honoraire	M. DABERNAT Henri	Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine	Professeur Honoraire	M. RAILHAC Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. DALY-SCHVEITZER Nicolas	Professeur Honoraire	M. REGIS Henri
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric	Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude
Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges	Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel
Professeur Honoraire	Mme DELISLE Marie-Bernadette	Professeur Honoraire	M. ROCHE Henri
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline	Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean	Professeur Honoraire	M. ROLLAND Michel
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel	Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.	Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique	Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU Guy	Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. ESCANDE Michel	Professeur Honoraire	M. SARRAMON Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE Henri	Professeur Honoraire	M. SIMON Jacques
Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean	Professeur Honoraire	M. SUG Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. ESQUERRE J.P.	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. FABIE Michel	Professeur Honoraire	M. TKACZUK Jean
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean	Professeur Honoraire	M. TREMOULET Michel
Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard	Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre
Professeur Honoraire	M. FOURNIE Bernard	Professeur Honoraire	M. VAYSSE Philippe
Professeur Honoraire	M. FOURTANIER Gilles	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE Christian
Professeur Honoraire	M. FRAYSSE Bernard	Professeur Honoraire	M. VOIGT Jean-Jacques

Professeurs Émérites

Professeur ADER Jean-Louis	Professeur JOFFRE Francis
Professeur ALBAREDE Jean-Louis	Professeur LAGARRIGUE Jacques
Professeur ARBUS Louis	Professeur LARENG Louis
Professeur ARLET-SUAU Elisabeth	Professeur LAURENT Guy
Professeur BOCCALON Henri	Professeur LAZORTHES Yves
Professeur BONEU Bernard	Professeur MAGNAVAL Jean-François
Professeur CARATERO Claude	Professeur MANELFE Claude
Professeur CHAMONTIN Bernard	Professeur MASSIP Patrice
Professeur CHAP Hugues	Professeur MAZIERES Bernard
Professeur CONTE Jean	Professeur MOSCOVICI Jacques
Professeur COSTAGLIOLA Michel	Professeur RISCHMANN Pascal
Professeur DABERNAT Henri	Professeur ROQUES-LATRILLE Christian
Professeur FRAYSSE Bernard	Professeur SALVAYRE Robert
Professeur DELISLE Marie-Bernadette	Professeur SARRAMON Jean-Pierre
Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur SIMON Jacques

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-PURPAN

37 allées Jules Guesde - 31000 TOULOUSE

P.U. - P.H.

Doyen : Didier CARRIE

P.U. - P.H.

Classe Exceptionnelle et 1^{ère} classe

2^{ème} classe

M. ADOUE Daniel (C.E)	Médecine Interne, Gériatrie
M. AMAR Jacques (C.E)	Thérapeutique
M. ATTAL Michel (C.E)	Hématologie
M. AVET-LOISEAU Hervé (C.E.)	Hématologie, transfusion
Mme BEYNE-RAUZY Odile	Médecine Interne
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie
M. BLANCHER Antoine	Immunologie (option Biologique)
M. BONNEVIALLE Paul (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie.
M. BOSSAVY Jean-Pierre (C.E)	Chirurgie Vasculaire
M. BRASSAT David	Neurologie
M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique
M. BUREAU Christophe	Hépatogastro-entéro
M. CALVAS Patrick (C.E)	Génétique
M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale
M. CARRIE Didier (C.E)	Cardiologie
M. CHAIX Yves	Pédiatrie
Mme CHARPENTIER Sandrine	Médecine d'urgence
M. CHAUVEAU Dominique	Néphrologie
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie
M. DAHAN Marcel (C.E)	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.
M. DEGUINE Olivier (C.E)	Oto-rhino-laryngologie
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie
M. FERRIERES Jean (C.E)	Epidémiologie, Santé Publique
M. FOURCADE Olivier	Anesthésiologie
M. FOURNIÉ Pierre	Ophtalmologie
M. GAME Xavier	Urologie
M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie
Mme LAMANT Laurence (C.E)	Anatomie Pathologique
M. LANG Thierry (C.E)	Biostatistiques et Informatique Médicale
M. LANGIN Dominique (C.E)	Nutrition
M. LAUWERS Frédéric	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine d'urgence
M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie
M. MALAUAUD Bernard	Urologie
M. MANSAT Pierre	Chirurgie Orthopédique
M. MARCHOU Bruno (C.E)	Maladies Infectieuses
M. MAZIERES Julien	Pneumologie
M. MOLINIER Laurent	Epidémiologie, Santé Publique
M. MONTASTRUC Jean-Louis (C.E)	Pharmacologie
Mme MOYAL Elisabeth	Cancérologie
Mme NOURHASHEMI Fatemeh (C.E)	Gériatrie
M. OSWALD Eric (C.E)	Bactériologie-Virologie
M. PARANT Olivier	Gynécologie Obstétrique
M. PARIENTE Jérémie	Neurologie
M. PARINAUD Jean (C.E)	Biol. Du Dévelop. et de la Reprod.
M. PAUL Carle	Dermatologie
M. PAYOUX Pierre	Biophysique
M. PAYRASTRE Bernard (C.E)	Hématologie
M. PERON Jean-Marie	Hépatogastro-entérologie
M. PERRET Bertrand (C.E)	Biochimie
M. RASCOL Olivier (C.E)	Pharmacologie
M. RECHER Christian (C.E)	Hématologie
M. RISCHMANN Pascal (C.E)	Urologie
M. RIVIERE Daniel (C.E)	Physiologie
M. SALES DE GAUZY Jérôme (C.E)	Chirurgie Infantile
M. SALLES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie
M. SANS Nicolas	Radiologie
Mme SELVES Janick	Anatomie et cytologie pathologiques
M. SERRÉ Guy (C.E)	Biologie Cellulaire
M. TELMON Norbert (C.E)	Médecine Légale
M. VINEL Jean-Pierre (C.E)	Hépatogastro-entérologie

Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie
M. BONNEVIALLE Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie
M. COGNARD Christophe	Neuroradiologie
M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
M. LAROCHE Michel	Rhumatologie
M. LEOBON Bertrand	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. LOPEZ Raphael	Anatomie
M. MARTIN-BLONDEL Guillaume	Maladies infectieuses, maladies tropicales
M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie
M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
M. PAGES Jean-Christophe	Biologie Cellulaire et Cytologie
M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive
M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
Mme RUYSSSEN-WITRAND Adeline	Rhumatologie
Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire
M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
Mme TREMOLLIERES Florence	Biologie du développement
Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie

P.U. Médecine générale

M. MESTHÉ Pierre
M. OUSTRIC Stéphane (C.E)

Professeur Associé Médecine générale

M. ABITTEBOUL Yves
M. POUTRAIN Jean-Christophe

Professeur Associé en Neurologie

Mme PAVY-LE TRAON Anne

Professeur Associé en Bactériologie - Virologie ; Hygiène Hospitalière

Mme MALAUAUD Sandra

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-RANGUEIL

133, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE Cedex

P.U. - P.H.

Classe Exceptionnelle et 1^{ère} classe

Doyen : Elie SERRANO

P.U. - P.H.

2^{ème} classe

M. ARBUS Christophe	Psychiatrie	M. AUSSEIL Jérôme	Biochimie et biologie moléculaire
M. ACAR Philippe	Pédiatrie	M. BERRY Antoine	Parasitologie
M. ACCADBLED Franck	Chirurgie Infantile	M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
M. ALRIC Laurent (C.E)	Médecine Interne	Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie	M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique et des brûlés
M. ARNAL Jean-François	Physiologie	Mme DALENC Florence	Cancérologie
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique	M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie	Mme FARUCH-BILFELD Marie	Radiologie et Imagerie Médicale
M. BUJAN Louis (C. E)	Urologie-Andrologie	M. FAGUER Stanislas	Néphrologie
Mme BURRA-RIVIERE Alessandra	Médecine Vasculaire	M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie
M. BUSCAIL Louis (C.E)	Hépatogastro-entérologie	M. GARRIDO-STÖWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie	M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction
M. CARON Philippe (C.E)	Endocrinologie	Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie
M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire	M. LAURENT Camille	Anatomie Pathologique
M. CHAYNES Patrick	Anatomie	M. LE CAIGNEC Cédric	Génétique
M. CHIRON Philippe (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie	M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie	M. MEYER Nicolas	Dermatologie
M. COURBON Frédéric	Biophysique	M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
Mme COURTADE SAIDI Monique	Histologie Embryologique	M. REINA Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique
M. DAMBRIN Camille	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire	M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation
M. DELABESSE Eric	Hématologie	M. SOLER Vincent	Ophthalmologie
M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses	Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
M. DELORD Jean-Pierre	Cancérologie	Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie	M. TACK Ivan	Physiologie
Mme DULY-BOUHANICK Béatrice (C.E)	Thérapeutique	M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie	M. YSEBAERT Loic	Hématologie
M. GALINIER Michel (C.E)	Cardiologie		
M. GLOCK Yves (C.E)	Chirurgie Cardio-Vasculaire		
Mme GÓMEZ-BROUCHET Anne-Muriel	Anatomie Pathologique		
M. GOURDY Pierre	Endocrinologie		
M. GRAND Alain (C.E)	Epidémiologie. Eco. de la Santé et Prév.	P.U. Médecine générale	
M. GROLLEAU RAOUX Jean-Louis (C.E)	Chirurgie plastique	Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve	
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie		
Mme HANAIRE Hélène (C.E)	Endocrinologie		
M. HUYGHE Eric	Urologie		
M. KAMAR Nassim (C.E)	Néphrologie	Professeur Associé de Médecine Générale	
M. LARRUE Vincent	Neurologie	M. BOYER Pierre	
M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie	M. STILLMUNKES André	
M. MALECAZE François (C.E)	Ophthalmologie		
M. MARQUE Philippe	Médecine Physique et Réadaptation		
M. MAURY Jean-Philippe	Cardiologie		
Mme MAZEREUW Juliette	Dermatologie		
M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation		
M. OTAL Philippe	Radiologie		
M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile		
M. RITZ Patrick (C.E)	Nutrition		
M. ROLLAND Yves (C.E)	Gériatrie		
M. ROUGE Daniel (C.E)	Médecine Légale		
M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie		
M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie		
M. SAILLER Laurent	Médecine Interne		
M. SCHMITT Laurent (C.E)	Psychiatrie		
M. SENARD Jean-Michel (C.E)	Pharmacologie		
M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie		
M. SOULAT Jean-Marc	Médecine du Travail		
M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie		
M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive		
Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie		
Mme URO-COSTE Emmanuelle	Anatomie Pathologique		
M. VAYSSIERE Christophe	Gynécologie Obstétrique		
M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie		

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-PURPAN
37, allées Jules Guesde – 31000 Toulouse

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE- RANGUEIL
133, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE cedex

M.C.U. - P.H.

M. ABBO Olivier	Chirurgie infantile
M. APOIL Pol Andre	Immunologie
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie
Mme AUSSEIL-TRUDEL Stéphanie	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mme BELLIERE-FABRE Julie	Néphrologie
Mme BERTOLI Sarah	Hématologie, transfusion
M. BIETH Eric	Génétique
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition
Mme CASSAGNE Myriam	Ophthalmologie
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie
M. CAVAIGNAC Etienne	Chirurgie orthopédique et traumatologie
Mme CHANTALAT Elodie	Anatomie
M. CONGY Nicolas	Immunologie
Mme COURBON Christine	Pharmacologie
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie
Mme de GLISEZENSKY Isabelle	Physiologie
Mme DE MAS Véronique	Hématologie
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie
M. GANTET Pierre	Biophysique
Mme GENNERO Isabelle	Biochimie
Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire
M. HAMDI Safouane	Biochimie
Mme HITZEL Anne	Biophysique
M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie
Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire
M. KIRZIN Sylvain	Chirurgie générale
Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie
M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie
M. LHOMME Sébastien	Bactériologie-virologie
Mme MONTASTIER Emilie	Nutrition
Mme MOREAU Marion	Physiologie
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire
Mme PERROT Aurora	Hématologie ; Transfusion
M. PILLARD Fabien	Physiologie
Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie
Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie
Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie
M. TAFANI Jean-André	Biophysique
M. TREINER Emmanuel	Immunologie
Mme VAYSSE Charlotte	Cancérologie
M. VIDAL Fabien	Gynécologie obstétrique

M.C.U. Médecine générale

M. BRILLAC Thierry
Mme DUPOUY Julie

M.C.U. - P.H

Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie
Mme CAMARE Caroline	Biochimie et biologie moléculaire
M. CAMBUS Jean-Pierre	Hématologie
Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie
Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie
Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique
Mme CAUSSE Elizabeth	Biochimie
M. CHASSAING Nicolas	Génétique
M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire
Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytologie pathologiques
Mme CORRE Jill	Hématologie
M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie
M. DEDOUIT Fabrice	Médecine Légale
M. DEGBOE Yannick	Rhumatologie
M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale
M. DESPAS Fabien	Pharmacologie
M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail
Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie
Mme FLOCH Pauline	Bactériologie-Virologie; Hygiène Hospit.
Mme GALINIER Anne	Nutrition
Mme GALLINI Adeline	Epidémiologie
Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie
M. GASQ David	Physiologie
M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction
Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
M. GUIBERT Nicolas	Pneumologie ; Addictologie
Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
M. GUILLEMINAULT Laurent	Pneumologie
Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
Mme INGUENEAU Cécile	Biochimie
M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. LEPAGE Benoit	Biochimie
Mme MAUPAS SCHWALM Françoise	Biochimie
M. MIEUSSET Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. MOULIS Guillaume	Médecine interne
Mme NASR Nathalie	Neurologie
Mme QUELVEN Isabelle	Biophysique et Médecine Nucléaire
M. RIMAILHO Jacques	Anatomie et Chirurgie Générale
M. RONGIERES Michel	Anatomie - Chirurgie orthopédique
Mme VALLET Marion	Physiologie
M. VERGEZ François	Hématologie
M. YRONDI Antoine	Psychiatrie d'Adultes ; Addictologie

M.C.U. Médecine générale

M. BISMUTH Michel
Mme ESCOURROU Brigitte

Maîtres de Conférences Associés de Médecine Générale

Dr CHICOULAA Bruno
Dr FREYENS Anne
Dr PUECH Marielle

Dr BIREBENT Jordan
Dr BOURGEOIS Odile
Dr LATROUS Leila
Dr. BOUSSIER Nathalie

Aux membres du jury,

Madame le Professeur Marie Faruch-Bilfeld,

Je te remercie de m'avoir fait confiance et d'avoir accepté de diriger cette thèse. Ce fut un plaisir et un honneur de travailler avec toi. Sois assurée de mon profond respect, de mon admiration, et de ma reconnaissance.

Monsieur le Professeur Nicolas Sans,

Je vous remercie de me faire l'honneur de présider ce jury. J'ai fait mes premiers pas au CHU dans votre service, pour lequel j'ai et garderai une affection particulière. Soyez assuré de mon profond respect pour vous et votre travail, et de ma reconnaissance pour votre enseignement et votre soutien.

Monsieur le Professeur Etienne Cavaignac,

Je vous remercie de me faire l'honneur de siéger à ce jury, mais aussi d'avoir pris part à ce travail et d'avoir apporté vos connaissances et votre expertise sur ce sujet. Soyez assuré de mon profond respect et de ma reconnaissance.

Madame le Docteur Julie Vial,

Je te remercie de me faire l'honneur de participer à ce jury et d'apporter tes connaissances. Apprendre la radio-pédiatrie avec toi fut réellement un plaisir. Sois assurée de mon profond respect et de ma reconnaissance.

Madame le Docteur Claire Ricard,

Je te remercie pour tout, pour m'avoir mis le pied à l'étrier pour la thèse mais aussi pour le reste, pour ton soutien et tes conseils, pour ton écoute et ta capacité d'action. Sois assurée de mon respect, de ma reconnaissance et de mon amitié.

A mes chefs, qui m'ont appris, fait douter, soutenu, et transmis l'amour de cette belle spécialité,

A mes co-internes, avec une pensée particulière pour ceux de ma promotion et pour Lucile,

A tout le personnel du pôle d'imagerie du CHU, du CH de Tarbes et de Lavour avec qui j'ai eu la chance de travailler.

A ma famille,

A mes parents et à mon frère, merci pour le socle et les valeurs transmises, pour le soutien, et pour avoir toujours cru en moi,

A mes grands-parents,

A toute ma famille,

Et aux absents

A mes amis, mes remerciements vont à tous ceux qui m'ont accompagnée - peu importe le style ou la manière - pendant toutes ces années, avec une pensée toute particulière pour Clémence, à mes côtés depuis le début, et pour ceux qui ont fini par être - je n'ai pas trouvé meilleure définition - ma deuxième famille : aux deux Nicos, à Cyrille, à Tristan, à Lucile, à Cannelle, à Manon, à Sara.

A Simon et à sa famille, grâce à qui j'ai choisi et accédé à cette belle spécialité.

A Valentin

Table des matières

Tableau du personnel hospitalo-universitaire

Remerciements

Table des matières

Sommaire des figures

Sommaires des tableaux

Abréviations et acronymes

Préambule	1
1. Introduction	3
2. Matériel et méthode.....	5
2.1. Population étudiée	5
2.2. Chirurgie	6
2.3. Acquisition des images	7
2.4. Interprétation des images	8
2.5. Analyses statistiques	11
3. Résultats	12
3.1. Population étudiée	12
3.2. Sémiologie IRM	14
3.3. Corrélation inter-observateur	17
3.4. Consensus	17
4. Discussion	18
5. Conclusion	25

Bibliographie.....	26
Annexe 1 : Ramp lésion : anatomie.....	31
Annexe 2 : Article en anglais	32
Résumé en anglais.....	45

Sommaire des figures

Figure 1: Flowchart	5
Figure 2: Une ramp lésion à l'arthroscopie	7
Figure 3: Une ramp lésion à l'IRM	10
Figure 4: Exemple de faux négatif à l'IRM	23
Figure 5: Exemple de faux positif à l'IRM	24

Sommaire des tableaux

Tableau 1: Protocole IRM.....	8
Tableau 2: Caractéristiques cliniques de la population.....	13
Tableau 3: Sémiologie IRM des ramp lésions	15
Tableau 4: Lésions associées aux ramp lésions	16
Tableau 5: Consensus après relecture	17
Tableau 6: Performances diagnostiques de l'IRM : revue de la littérature.....	22

Abréviations et acronymes / Abbreviations and acronyms :

LCA ligament croisé antérieur / ACL anterior cruciate ligament

DP FS densité de proton saturation de graisse / PD FS proton density fat-saturated

LCP ligament croisé postérieur / PCL posterior cruciate ligament

LCM ligament collatéral médial / MCL medial collateral ligament

LCL ligament collatéral latéral / LCL lateral collateral ligament

LAL ligament antéro-latéral / ALL anterolateral ligament

Préambule

Le travail présenté s'inscrit dans le cadre d'une étude radiologique sur le diagnostic préopératoire des ramp lésions. Une « ramp lésion » correspond à une désinsertion capsulo-méniscale de la corne postérieure du ménisque interne (annexe 1). Elle fait partie des lésions associées aux ruptures du LCA.

Ces lésions ne sont pas accessibles à un diagnostic clinique et sont de diagnostic arthroscopique difficile ; elles nécessitent un traitement chirurgical. Le diagnostic préopératoire grâce à l'imagerie est un enjeu important pour la prise en charge des patients.

Le projet porte sur une étude de la sémiologie et des performances de l'IRM pour le diagnostic de ramp lésion, grâce à l'analyse des IRM réalisées pour suspicion clinique de rupture du LCA.

Notre travail est composé de deux parties. La première partie, une étude rétrospective monocentrique, porte sur l'analyse de la sémiologie IRM et de ses performances diagnostiques sur des IRM réalisées uniquement le genou en extension. Cette première partie se base sur une revue préalable de la littérature avec analyse de l'ensemble de la sémiologie étudiée jusqu'alors, montrant une hétérogénéité des signes diagnostiques utilisés et un manque d'études radiologiques de performances diagnostiques. La seconde partie est une étude rétrospective monocentrique portant cette fois sur des IRM réalisées genou en extension puis en flexion, à la recherche d'une augmentation des performances diagnostiques de l'IRM genou en flexion.

L'épidémie de Covid-19 ayant drastiquement diminuée le nombre de patients ayant pu être opérés d'une rupture du LCA après réalisation d'une IRM avec des séquences en

flexion dans les mois précédents cette thèse, nous disposons à ce jour d'un nombre trop limité de patients pour présenter ici la deuxième partie de notre travail.

Nous présentons dans ce manuscrit la première partie de notre travail : l'étude de la sémiologie et des performances de l'IRM genou en extension pour le diagnostic de ramp lésion. Ce travail a été soumis pour publication dans la revue *European Radiology* (annexe 1).

1.Introduction

En 1988, Strobel [1] décrit pour la première fois “a special type of meniscal injury involving the peripheral attachment of the posterior horn of the medial meniscus, typically associated with an ACL deficiency » qu’il nomme “ramp lesion”. Cette définition s’est précisée et le terme de ramp lésion correspond aujourd’hui à une déchirure longitudinale postérieure à la jonction ménisco-capsulaire de la corne postérieure du ménisque médial ou à une déchirure du ligament ménisco-capsulaire et/ou ménisco-tibial [2,3]. Avec une prévalence atteignant 42% dans une étude de 2019 [4], la ramp lésion est plus que jamais d’actualité car à l’origine de conséquences fonctionnelles importantes. Elle entraîne en effet une translation tibiale antérieure et une instabilité antéro-postérieure et rotatoire du genou plus importante que chez les patients avec une lésion isolée du LCA [5,6].

La réparation chirurgicale des ramp lésions restaure la biomécanique normale du genou, au contraire d’une réparation isolée du LCA [5,7], et entraîne une amélioration clinique significative [8]. L’absence de traitement augmente le risque de méniscectomie secondaire [9] et entraînerait un risque accru de rupture de la plastie du LCA [10].

Le traitement chirurgical de ces lésions est donc nécessaire et recommandé [11]. Cependant, bien qu’elles se traduisent sur le plan clinique par une augmentation du pivot shift test [12], ces lésions sont de diagnostic clinique difficile en l’absence de test spécifique et sensible [13]. L’arthroscopie est le gold standard diagnostique [11] mais les ramp lésions sont fréquemment manquées avec une voie d’abord classique [14] et nécessitent l’utilisation de techniques spécifiques permettant d’explorer pleinement la zone postéro-médiale [14,15].

Face à ces difficultés, le diagnostic pré-opératoire via l'imagerie apparaît essentiel, l'IRM s'imposant alors comme l'imagerie la plus appropriée [16]. En 2019, une méta-analyse retrouvait une sensibilité moyenne de l'IRM de 0.71 (95% CI, 0.59-0.81) et une spécificité moyenne de 0.94 (95% CI, 0.88-0.97) [17]. Mais selon les études les performances diagnostiques sont hétérogènes, incomplètes, et regroupent une sémiologie IRM variée. Le signe sémiologique le plus utilisé est l'hypersignal liquidien complet entre la corne postérieure du ménisque interne et la capsule [18]. Les autres signes sémiologiques utilisés pour le diagnostic de ramp sont : une irrégularité du mur postérieur du ménisque interne [19], un hypersignal T2 irrégulier de la jonction capsulo-méniscale postéro médiale [20], une fissure longitudinale périphérique à moins de 4 mm de la jonction ménisco-capsulaire de la corne postérieure du ménisque médial [15], un hypersignal liquidien au contact du ménisque médial [19], un œdème du plateau tibial postéro-médial [20,21], et une subluxation antérieure du ménisque médial [22].

Il n'existe donc à ce jour pas de consensus sur la sémiologie IRM des ramp lésions et ses performances, et peu d'études ont été menées par des radiologues. Notre étude a pour objectif d'étudier la sémiologie IRM des ramp lésions chez les patients ayant une lésion aiguë du LCA et d'évaluer les performances diagnostiques de chacun de ces signes.

2. Matériel et méthode

2.1. Population étudiée

Cette étude est une étude rétrospective monocentrique. Le comité d'éthique de notre CHU, en accord avec lois Européennes sur les études incluant des êtres humains, ne requérait pas le consentement des patients pour les études rétrospectives.

Ont été inclus tous les patients de plus de 15 ans ayant bénéficiés d'une réparation chirurgicale du LCA dans notre centre entre janvier 2019 et mai 2019, et dont l'IRM était disponible sur le réseau hospitalier. Ont été exclus les patients ayant un antécédent de chirurgie du genou ou une lésion en anse de seau de la corne postérieure du ménisque interne.

Les patients ont été divisés en deux groupes : ceux avec une ramp lésion à l'arthroscopie et un groupe contrôle sans ramp lésion (Figure 1).

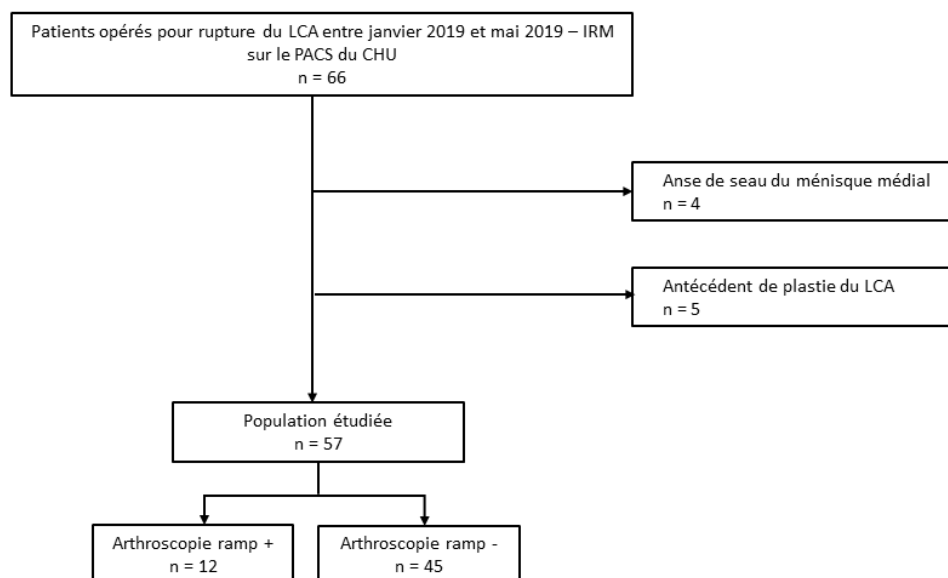


Figure 1: Flowchart

2.2. Chirurgie

Le gold standard de notre étude était la chirurgie réalisée par arthroscopie. Tous les patients ont bénéficié d'une reconstruction du LCA selon la technique du DT3 (demi-tendineux plié en 3) par le même chirurgien orthopédique spécialisé dans la chirurgie du genou depuis 13 ans. Un bilan lésionnel complet par voie arthroscopique était réalisé en plusieurs temps incluant une voie d'abord classique antéro-latérale et antéro-médiale puis un passage à travers l'échancrure intercondylienne pour une exploration systématique du compartiment postéro-médial à la recherche d'une ramp lésion par visualisation directe et par sondage de la partie postérieure du ménisque médial [14]. La mise en évidence d'une ramp (figure 2) entraînait la réalisation d'une voie d'abord postéro-médiale pour réaliser un débridement puis une suture la lésion [23]. La définition arthroscopique de ramp lésion était l'interposition de fluide entre le segment postérieur du ménisque interne et la capsule articulaire.

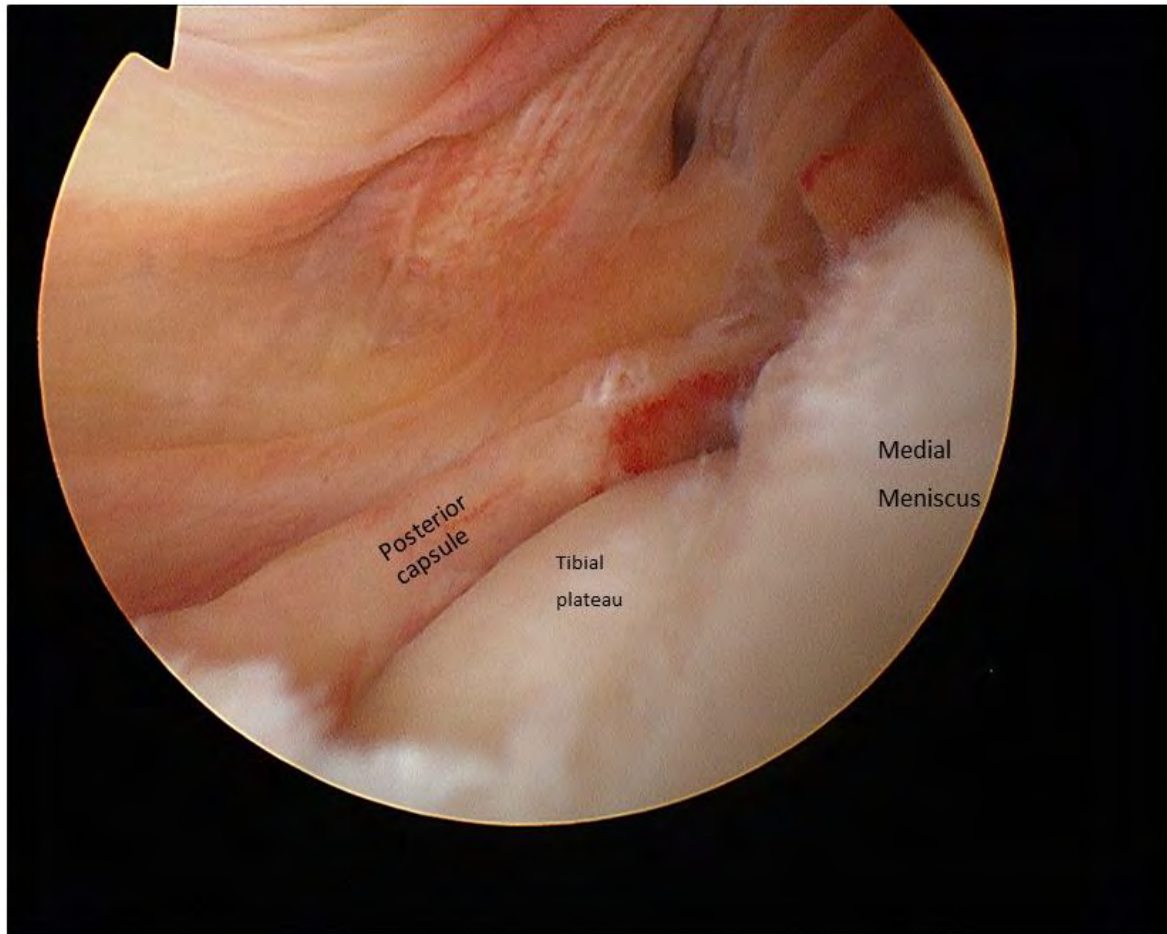


Figure 2 : Une ramp lésion à l'arthroscopie

Mise en évidence d'une ramp lésion du ménisque interne à l'arthroscopie grâce à l'utilisation d'une aiguille pour sonder la jonction capsulo-méniscale.

2.3. Acquisition des images

Toutes les imageries ont été réalisées sur une IRM 1.5T. Le protocole (tableau 1), comprenait une séquence morphologique pondérée T1 dans le plan sagittal et des séquences en densité de proton avec saturation de graisse dans les trois plans de l'espace.

Tableau 1: protocole IRM

Paramètres	Axial DP FS	Coronal DP FS	Sagittal DP FS	Sagittal T1
TR (ms)	3964	2610	3633	560
TE (ms)	50	42	42	13
Angle de bascule (°)	160	160	160	90
FOV	16	16	16	16
Matrice	512 x 512	512 x 512	512 x 512	512 x 512
Épaisseur de coupe (mm)	4	4	4	4
Nombre d'acquisitions	2	4	4	1

2.4. Interprétation des images

Les IRM pré-opératoires ont été relues par deux radiologues spécialisés en imagerie ostéo-articulaire de 15 ans et 4 ans d'expérience, en utilisant un protocole d'analyse validé sur un poste de travail utilisant le PACS de notre établissement (Mc Kesson°, New York, USA). La relecture des IRM a été réalisée par chaque radiologue en aveugle du compte-rendu pré-opératoire, de l'interprétation de l'autre relecteur, et du compte-rendu chirurgical. Dans un second temps, une relecture de consensus a été réalisée.

Les signes sémiologiques de ramp lésion retenus après revue de la littérature et évalués dans notre étude sur un mode binaire étaient :

- un hypersignal DP FS liquidien complet entre la capsule et la paroi postérieure du ménisque interne [17–19], (Figure 3)
- un œdème de la capsule en regard de la corne postérieure du ménisque interne, défini comme un hypersignal DP FS moins intense que le signal du liquide articulaire [19],
- un aspect irrégulier de la paroi postérieure du ménisque interne[19],
- un hypersignal liquidien au contact du ménisque médial[19],
- une subluxation du ménisque médial, définie par un écart supérieur ou égal à 5 mm entre la paroi postérieure du ménisque interne et celle du plateau tibial médial, mesuré en sagittal sur la coupe avec le plus grand écart entre les cornes méniscales médiales antérieure et postérieure[22,24].

Les autres structures anatomiques du genou ont été évaluées sur un mode binaire à la recherche de lésions significativement associées aux ramps : l'épanchement intra-articulaire, le ligament croisé postérieur, les ligaments collatéraux, les condyles fémoraux et les plateaux tibiaux, les cornes postérieures des ménisques.

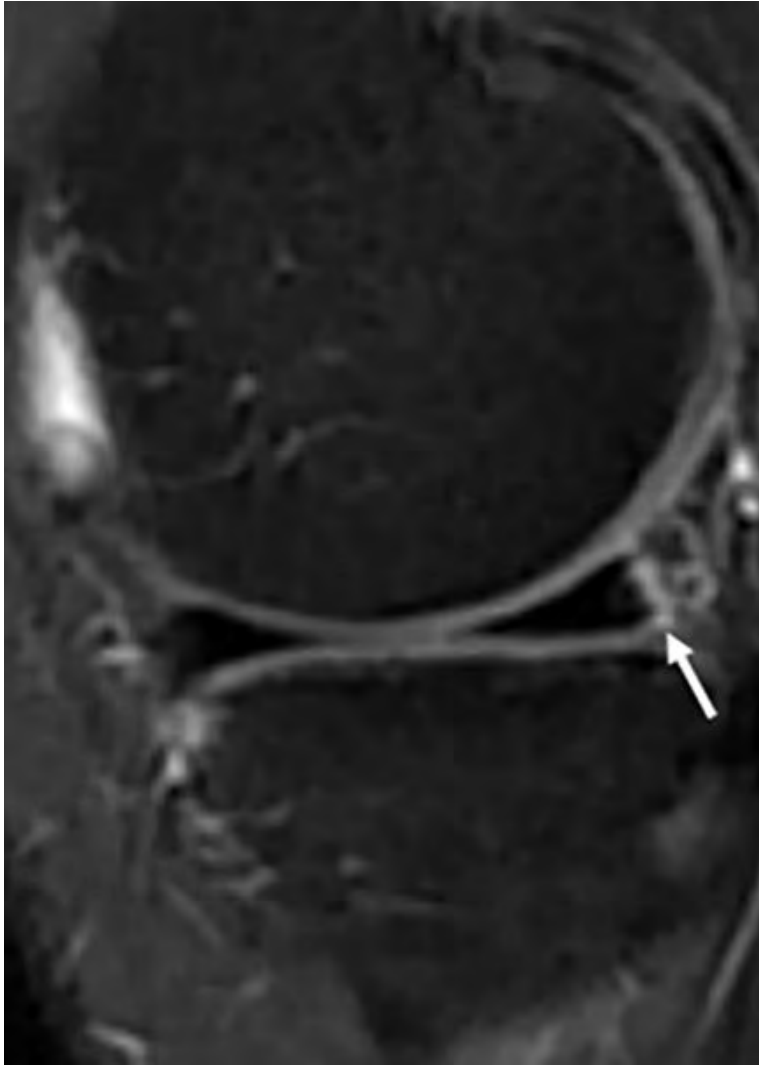


Figure 3 : Une ramp lésion à l'IRM

Séquence en pondération DP FS dans le plan sagittal - genou en extension - coupe centrée sur le ménisque médial. Visualisation à l'IRM d'un hypersignal liquidien complet (flèche) entre la paroi postérieure du ménisque médial et la capsule. L'arthroscopie a effectivement retrouvé une ramp lésion chez ce patient.

2.5. Analyses statistiques

Les données ont été présentées sous forme de moyennes et de leurs intervalles interquartiles pour les variables quantitatives, et sous la forme d'effectif avec pourcentage pour les variables qualitatives. Les tests de chi² ou de Fisher ont été utilisés pour comparer les variables catégorielles, et les tests de Student ou de Wilcoxon-Mann-Whitney pour la comparaison des variables quantitatives.

Des régressions logistiques en analyse univariée puis multivariée ont été effectuées. Les variables dont la pvalue était <0.2 ont été choisies pour l'analyse multivariée. Une sélection pas à pas descendante basée sur l'AUC [25] a été effectuée afin de sélectionner un nombre limité de variable pour permettre une analyse multivariée.

À partir de la capacité discriminante des 5 signes IRM (hypersignal liquidien entre la capsule et la paroi postérieure du ménisque médial, œdème de la capsule, irrégularité de la paroi postérieure du ménisque médial, hypersignal liquidien au contact du ménisque médial, subluxation antérieure du ménisque médial) pour le diagnostic d'une ramp lésion, nous avons calculé leur sensibilité (Se), spécificité (Sp), valeur prédictive positive (PPV), valeur prédictive négative (NPV) et l'AUC. Un seuil de significativité inférieur ou égal à 5 % ($p \leq 0.05$) a été considéré comme significatif.

La corrélation inter-observateur a été évalué par calcul du coefficient Kappa de Cohen. Les résultats ont été interprétés selon les règles définis par Landis et Koch [26].

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R (3.6).

3. Résultats

3.1. Population étudiée

Cinquante-sept patients ont été inclus dans l'étude. Parmi eux, douze patients (21.1%) avaient une ramp lésion à l'arthroscopie.

Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les patients avec une ramp lésion à l'arthroscopie et le groupe témoin sans ramp lésion (tableau 2).

Tableau 2: Caractéristiques cliniques de la population

		Total	Groupe contrôle	Groupe ramp +	P
Age: moy. (min-max, DS)		27 (15-52, 9)	27.00 (15-44, 8.44)	28.42 (16-52, 11.36)	0.635
Sexe % (n)	F	26.3 (15/57)	31.1 (14/45)	8.3 (1/12)	0.221
	M	73.6 (42/57)	68.9 (31/45)	91.7 (11/12)	
Latéralité	Droite	54.4 (31/57)	48.9 (22/45)	75 (9/12)	0.198
	Gauche	45.6 (26/57)	51.1 (23/45)	25 (3/12)	
Délai traumatisme-IRM (jours) moy. (min-max, DS)		52 (3-1095, 167)	58.08 (3-1095, 185.08)	27 (5-120, 37.69)	0.621
Délai IRM-chirurgie (jours) moy. (min-max, DS)		32 (6-211, 38)	34.20 (6-211, 39.92)	25.75 (7-120, 30.59)	0.503
Lachman % (n)	0	0	0	0	1.000
	1	100% (57/57)	100% (45/45)	100% (12/12)	
Pivot-shift test	0	0			0.845
	Grade I	31.6 (18/57)	33.3 (15/45)	25 (3/12)	
	Grade II	59.6 (34/57)	57.8 (26/45)	66.7 (8/12)	
	Grade III	8.8 (5/57)	8.9 (4/45)	8.3 (1/12)	
Tiroir antérieur	0	1.8 (1/57)	2.2 (1/45)	0	1.000
	1	98.2 (56/57)	97.8 (44/45)	100 (12/12)	

3.2. Sémiologie IRM

Sont présentés dans les tableaux 3 et 4 les résultats du relecteur avec les meilleures performances diagnostiques.

Seul l'hypersignal liquidien complet entre la paroi postérieure du ménisque interne et la capsule était associé de manière statistiquement significative à la présence d'une ramp lésion à l'arthroscopie.

Les performances diagnostiques de ce signe sémiologique étaient bonnes, avec une sensibilité de 84.4%, une spécificité de 66.7%, une valeur prédictive positive de 90.5%, une valeur prédictive négative de 53.3% et une aire sous la courbe de 75.6% avec IC95% [0.61-0.90].

En analyse univarié, l'hypersignal liquidien complet entre la capsule et la paroi postérieure du ménisque médial était 11 fois plus associé aux ramp lésions : OR 10.86 (2.70-51.16, $p=0.001$).

Les autres signes IRM n'étaient pas prédictifs de ramp lésion à l'arthroscopie, que ce soit en analyse uni ou multivariée, de même que l'association des signes IRM initialement supposés évocateurs de ramp.

Tableau 3: Sémiologie IRM des ramp lésions

	Total	Groupe témoin	Groupe ramp +	p
Hypersignal liquidien entre la capsule et la paroi postérieure du ménisque médial	26.3 (15/57)	15.6 (7/45)	66.7 (8/12)	0.001
Oedème de la capsule	47.4 (27/57)	53.3 (24/45)	25 (3/12)	0.155
Irrégularité de la paroi postérieure du ménisque médial	36.8 (21/57)	42.2 (19/45)	16.7 (2/12)	0.177
Liquide au contact du ménisque médial	7 (4/57)	6.7 (3/45)	8.3 (1/12)	1.000
Subluxation antérieure du ménisque médial	17.5 (10/57)	17.8 (8/45)	16.7 (2/12)	1.000

Tableau 4: Lésions associées aux ramp lésions

	Total % (n/57)	Groupe témoin (ramp -) % (n/45)	Groupe ramp + % (n/12)	p
Epanchement	70.2 (40/57)	68.9 (31/45)	75 (9/12)	0.955
LCM	36.8 (21/57)	40 (18/45)	25 (3/12)	0.535
LCL	42.1 (24/57)	46.7 (21/45)	25 (3/12)	0.307
LAL	38.6 (22/57)	37.8 (17/45)	41.7 (5/12)	1.000
LCP	3.5 (2/57)	2.2 (1/45)	8.3 (1/12)	0.889
Ménisque médial	33.3 (19/57)	28.9 (13/45)	50 (6/12)	0.301
Ménisque latéral	17.5 (10/57)	17.8 (8/45)	16.7 (2/12)	1.000
Plateau tibial médial	61.4 (35/57)	62.2 (28/45)	58.3 (7/12)	1.000
Condyle médial	47.4 (27/57)	51.1 (23/45)	33.3 (4/12)	0.441
Plateau tibial latéral	86 (49/57)	88.9 (40/45)	75 (9/12)	0.445
Condyle latéral	75.4 (43/57)	77.8 (35/45)	66.7 (8/12)	0.677

3.3. Corrélation inter-observateur

La concordance inter-observateur était bonne pour l'hypersignal liquidien entre la capsule et la paroi postérieure du ménisque médial ($k=0.79$) et pour l'œdème de la capsule ($k=0.61$). Elle était moyenne pour l'irrégularité de la paroi postérieure du ménisque médial ($k=0.58$) et la subluxation antérieure du ménisque médial ($k=0.47$) et médiocre pour la présence de liquide au contact du ménisque médial ($k=0.3$).

3.4. Consensus

Une relecture de consensus portant sur l'hypersignal liquidien entre la capsule et la paroi postérieure du ménisque interne a secondairement été réalisée, rapportant à 16/57 le nombre de patients avec un hypersignal liquidien (il s'agissait d'un patient du groupe ramp +). Les résultats sont retranscrits dans le tableau 5. Les performances diagnostiques après consensus sont très bonnes, avec une sensibilité de 84.4%, une spécificité de 75%, une valeur prédictive positive de 92.7%, une valeur prédictive négative de 56.3% et une aire sous la courbe de 79.7% avec IC95% [0.6-0.94].

Tableau 5: Consensus après relecture

	Total	Groupe témoin	Groupe ramp+	p
Hypersignal liquidien entre capsule et paroi postérieure du ménisque médial	28% (16/57)	16% (7/45)	75% (9/12)	< 0.001

4. Discussion

Notre étude montre qu'un seul signe sémiologique permet de diagnostiquer les ramp lésions à l'IRM avec une très bonne sensibilité : il s'agit de l'hypersignal liquidien complet entre la paroi postérieure du ménisque médial et la capsule. Ce signe a une sensibilité et une valeur prédictive positive respectivement à 84.4% et 92.7%, avec une bonne reproductibilité inter observateur ($k=0.79$). La méta-analyse [17] trouvait une sensibilité moyenne de l'IRM de 0.71 (95% CI, 0.59-0.81). Notre étude est donc celle avec la meilleure performance diagnostique en terme de sensibilité.

Les performances de l'IRM sont très hétérogènes en fonction des études, comme le montre le tableau 6. Une seule étude avait auparavant évalué les performances diagnostiques de chacun des signes IRM supposés prédictifs de ramp lésions en extension [19]. Notre étude visait à donner une deuxième expertise sur la sémiologie IRM et ses performances en incluant les signes IRM de ramp utilisés dans les précédentes études. Dans notre étude, les autres signes IRM ne sont pas associés de manière significative aux ramp lésion : ni à l'irrégularité de la paroi postérieure, contrairement à l'étude de Yeo [19], ni à l'œdème du plateau tibial postéro-médial, contrairement à l'étude de Kumar [21]. La subluxation antérieure du ménisque médial, liée à la translation tibiale antérieure [22], n'est pas non plus prédictive de ramp, bien que plusieurs études chirurgicales démontrent que l'augmentation de la translation tibiale antérieure est une conséquence biomécanique des ramp lésions [5,6]. Kim et al. supposait que la réalisation d'une IRM en flexion pourrait révéler la translation tibiale antérieure, maximale à 30° de flexion et minimale à 0° de flexion [22].

Notre étude visait également à rechercher des lésions associées qui pourraient orienter vers le diagnostic de ramp lésion : aucune autre lésion à l'IRM n'était significativement associée aux ramp lésions dans notre étude.

En ce qui concerne les résultats secondaires, la prévalence des ramp lésions dans notre étude est de 21%, en accord avec les précédentes études, avec des prévalences allant de 9 à 42% [4,15,19–21,27–29]. Nous n'avons mis en évidence aucun facteur de risque de ramp épidémiologique ou clinique, contrairement à l'étude Balazs et al. [4]. En accord avec les articles précédents, aucun score clinique ne semble prédictif de ramp lésion [4].

La spécificité et la VPN dans notre étude sont modérées, respectivement de 66.7% et 53.3%. On note une augmentation de la spécificité après consensus radiologique, de 66.7% à 75%. Elle est liée à l'identification lors de la relecture d'un patient ramp + supplémentaire après requalification d'un "oedème de la capsule" en "hypersignal liquidien". Mais la majorité des modifications réalisées lors de la relecture a consisté, à l'inverse, à reclasser des « hypersignal liquidien entre la capsule et la paroi postérieure du ménisque » en « œdème de la capsule » devant le caractère non strictement liquidien ou incomplet de l'hypersignal. Cette augmentation des performances en étant plus strict sur le caractère liquidien et complet de l'hypersignal pour le diagnostic de ramp va dans le sens de la validité de ce signe sémiologique et du caractère peu fiable du signe « œdème de la capsule ». Cependant cela montre aussi que la distinction entre un "oedème de la capsule" et un "hypersignal liquidien" peut être de diagnostic difficile.

Après consensus radiologique, il persistait 3 faux négatifs (figure 4) pour lesquels aucun hypersignal liquidien n'était visualisé. On peut supposer, comme le suggérait déjà Bollen en 2010 (10), que ces faux négatifs sont le fait du recollement artificiel

capsulo-méniscal en extension. La réalisation d'une IRM en flexion pourrait donc améliorer les performances diagnostiques en terme de sensibilité en augmentant le passage de liquide entre la capsule et la paroi postérieure du ménisque lorsqu'elle est désinsérée.

Il persistait également sept faux positifs après relecture de consensus. L'analyse de ces faux positifs nous a permis d'émettre plusieurs hypothèses. Dans trois cas sur sept, on pouvait encore émettre un doute sur le caractère complet de l'hypersignal liquidien, par ailleurs très fin. On peut supposer qu'il restait en fait des adhérences et que nous nous sommes trompés sur le caractère complet de l'hypersignal (figure 5). Un faux positif était lié à une confusion entre une ramp et une lésion postérieure de grade 3 du ménisque médial à moins de 4 mm de la jonction ménisco-capsulaire. Certaines équipes orthopédiques [15] considèrent les lésions verticales de la corne postérieure du ménisque médial située à moins de 4 mm de la jonction ménisco-capsulaire comme des ramp lésions car elles sont à l'origine des mêmes complications biomécaniques. Nous n'avons pas inclus, dans cet article, ce type de lésion méniscale dans les ramp lésions. En effet même si ces lésions ont les mêmes propriétés biomécaniques, l'objectif de l'étude était de préciser la sémiologie des ramp lésions, définies comme un décollement capsulo-méniscal. Aussi nous en sommes nous tenu à la définition radiologique. En ce qui concerne les trois derniers faux positifs, l'analyse a posteriori a confirmé la présence d'un hypersignal liquidien entre la capsule et la paroi postérieure du ménisque. On peut supposer que l'IRM en flexion permettrait de réduire ces écueils et d'augmenter les performances de l'IRM. Une première étude montre de bonnes performances et une augmentation de la sensibilité de l'IRM en flexion (87.5%) [30]. Cependant la sensibilité de l'IRM en extension dans cette étude est très faible (31.3%) alors que nous montrons dans notre étude une sensibilité de

84.4 %. Il faut enfin souligner que bien que le gold standard soit l'arthroscopie, nous savons que le diagnostic arthroscopique de ramp lésion est difficile et que des ramp lésions sont manquées en l'absence d'utilisation d'une voie d'abord postéro-médiale [13,14].

Notre étude présente plusieurs limites. C'est une étude rétrospective et monocentrique, et le nombre de patients recrutés reste faible. Ensuite, il peut exister des biais de sélection car les patients ne pouvant pas bénéficier d'une arthroscopie étaient exclus. Enfin les examens étaient réalisés sur une IRM 1.5T ; cependant les performances de notre étude sont bonnes et les données des études sont sur ce point discordantes [17,20].

Notre étude possède également des points forts. Il existait un groupe témoin, et l'étude était réalisée en aveugle. Ensuite, la lecture des imageries a été réalisée par des radiologues, ce qui améliore les performances diagnostiques de l'IRM, selon une méta-analyse de 2019 [17].

Tableau 6: Performances diagnostiques de l'IRM : revue de la littérature

	Prévalence (%)	Sémiologie	Sensibilité (%)	Spécificité (%)	VPP (%)	VPN (%)	OR
De Philipo et al. 2017	17	Hypersignal liquidien Oedème plateau tibial postéro-médial	48 72				
Pooler et al. 2017	14	Hypersignal liquidien	53.9-84.6	92.3-98.7	50-90	91.1-97.4	
Kim et al. 2018	27	Hypersignal liquidien	84	95.2			
Kumar et al. 2018	15	Oedème plateau tibial postéro-médial	66				
Malatray et al. 2018	23	Hypersignal liquidien	23				
Hatayama et al. 2018	30	Hypersignal liquidien	72	90.5			
Yeo et al. 2018	9	Hypersignal liquidien Irrégularité paroi postérieure	57 86	92 79			
Notre étude	21	Hypersignal liquidien	84	67	90.4	53.3	8.6

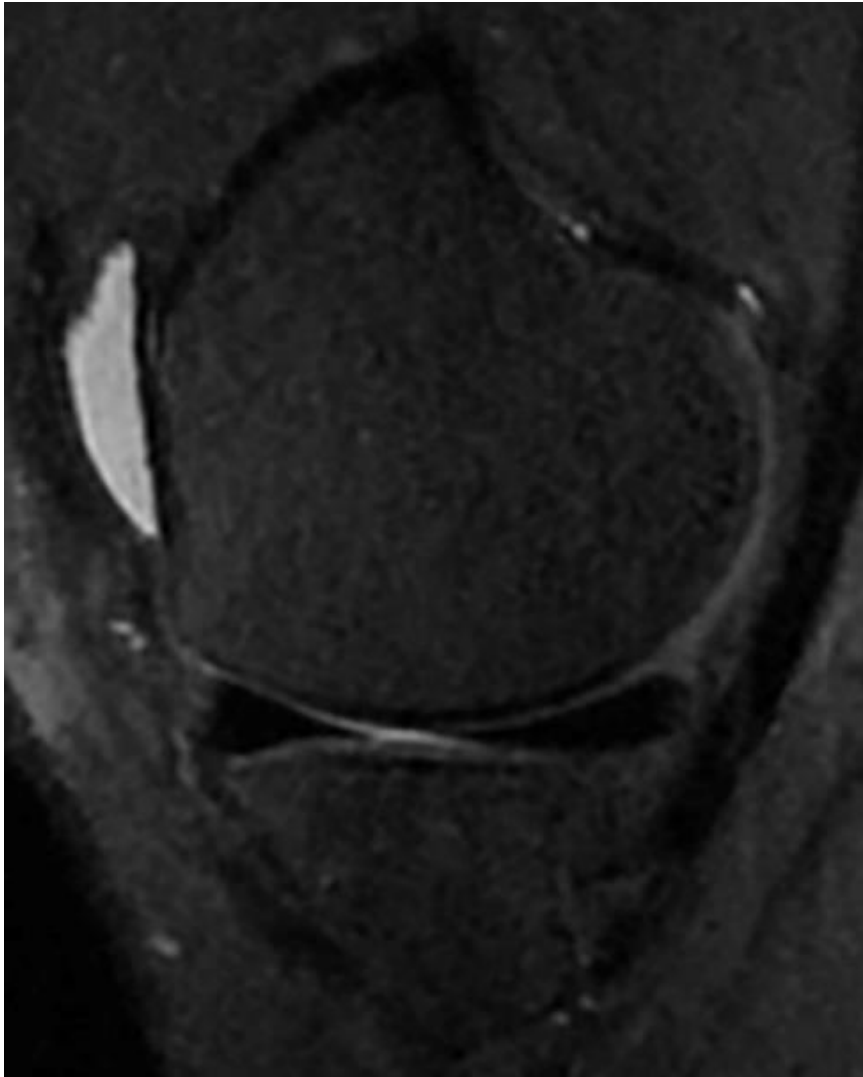


Figure 4 : Exemple de faux négatif à l'IRM

Séquence en pondération DP FS dans le plan sagittal - genou en extension - coupe centrée sur le ménisque médial. On ne visualise pas d'hypersignal liquidien complet entre la paroi postérieure du ménisque médial et la capsule. Cependant, l'arthroscopie retrouvait une ramp lésion. On peut se demander a posteriori s'il n'existe pas un discret hypersignal de la jonction ménisco-capsulaire, non liquidien.

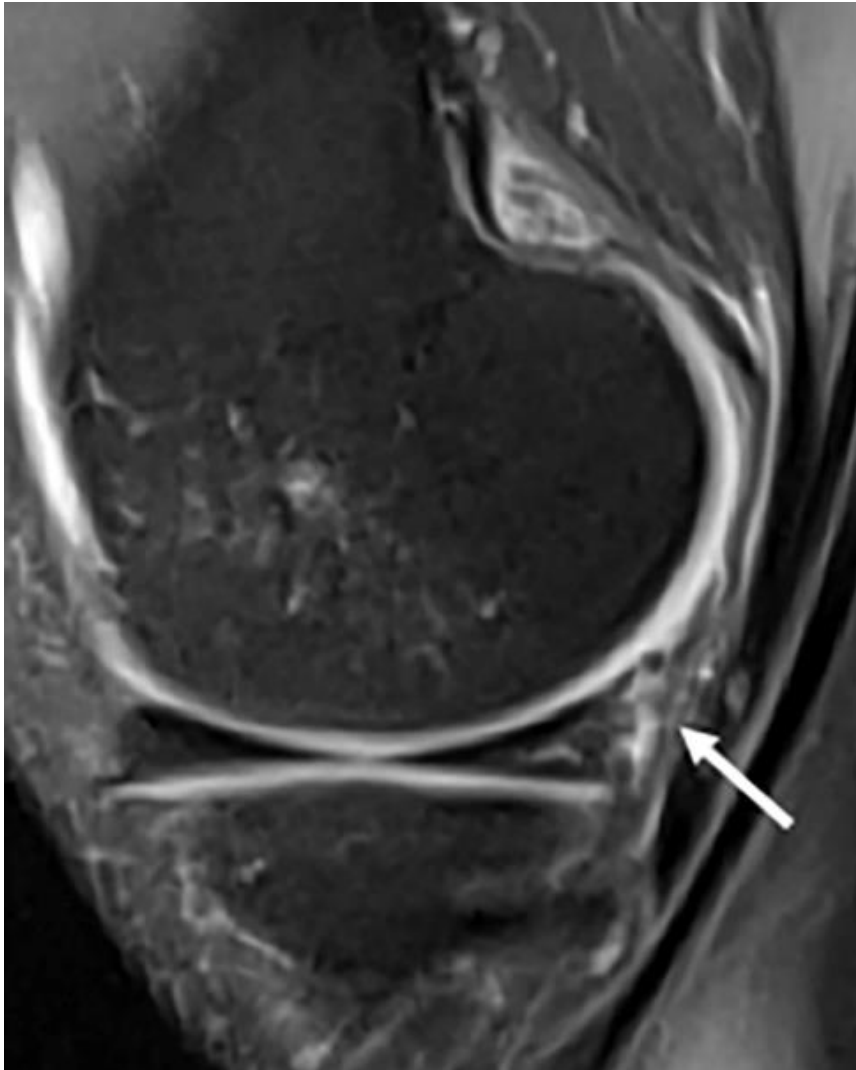


Figure 5 : Exemple de faux positif à l'IRM

Séquence en pondération DP FS dans le plan sagittal - genou en extension - coupe centrée sur le ménisque médial. Visualisation à l'IRM d'un hypersignal liquidien complet entre la paroi postérieure du ménisque médial et la capsule. L'arthroscopie ne retrouvait pas de ramp lésion. On peut se demander a posteriori si l'on pouvait parler d'hypersignal liquidien complet et s'il ne persiste pas une adhérence (flèche blanche).

5. Conclusion

En résumé notre étude démontre la sensibilité et la reproductibilité de l'IRM pour le diagnostic de ramp lésion avec un seul signe IRM fiable, l'hypersignal liquidien entre la capsule et la paroi postérieure du ménisque médial, confirmant le rôle majeur de l'IRM dans le diagnostic de ramp lésion. Cependant le diagnostic IRM reste difficile, avec une spécificité modérée dans notre étude. L'évaluation de l'IRM en flexion pour l'amélioration des performances diagnostiques semble intéressante. De nouvelles études devraient être menées, au mieux avec des séquences IRM en flexion et en extension, en utilisant comme signe sémiologique l'hypersignal liquidien entre la paroi postérieure du ménisque et la capsule.

Vu le Président
Professeur Nicolas SANS
Imagerie Médicale
PPR - Hall D - 1er Etage - CHU Purpan
TSA 40031
31059 TOULOUSE Cedex 9
RPPS : 10002874088
Nicolas SANS

Bibliographie

- [1] Strobel MJ. Manual of Arthroscopic Surgery. Springer Science & Business Media; 2013.
- [2] Greif DN, Baraga MG, Rizzo MG, Mohile NV, Silva FD, Fox T, et al. MRI appearance of the different meniscal ramp lesion types, with clinical and arthroscopic correlation. *Skeletal Radiol* 2020;49:677–89. <https://doi.org/10.1007/s00256-020-03381-4>.
- [3] Thaunat M, Fayard JM, Guimaraes TM, Jan N, Murphy CG, Sonnery-Cottet B. Classification and Surgical Repair of Ramp Lesions of the Medial Meniscus. *Arthrosc Tech* 2016;5:e871–5. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2016.04.009>.
- [4] Balazs GC, Greditzer HG, Wang D, Marom N, Potter HG, Marx RG, et al. Ramp Lesions of the Medial Meniscus in Patients Undergoing Primary and Revision ACL Reconstruction: Prevalence and Risk Factors. *Orthop J Sports Med* 2019;7:2325967119843509. <https://doi.org/10.1177/2325967119843509>.
- [5] Edgar C, Kumar N, Ware JK, Ziegler C, Reed DN, DiVenere J, et al. Incidence of Posteromedial Meniscocapsular Separation and the Biomechanical Implications on the Anterior Cruciate Ligament. *J Am Acad Orthop Surg* 2019;27:e184–92. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-17-00327>.
- [6] Stephen JM, Halewood C, Kittl C, Bollen SR, Williams A, Amis AA. Posteromedial Meniscocapsular Lesions Increase Tibiofemoral Joint Laxity With Anterior Cruciate Ligament Deficiency, and Their Repair Reduces Laxity. *Am J Sports Med* 2016;44:400–8. <https://doi.org/10.1177/0363546515617454>.

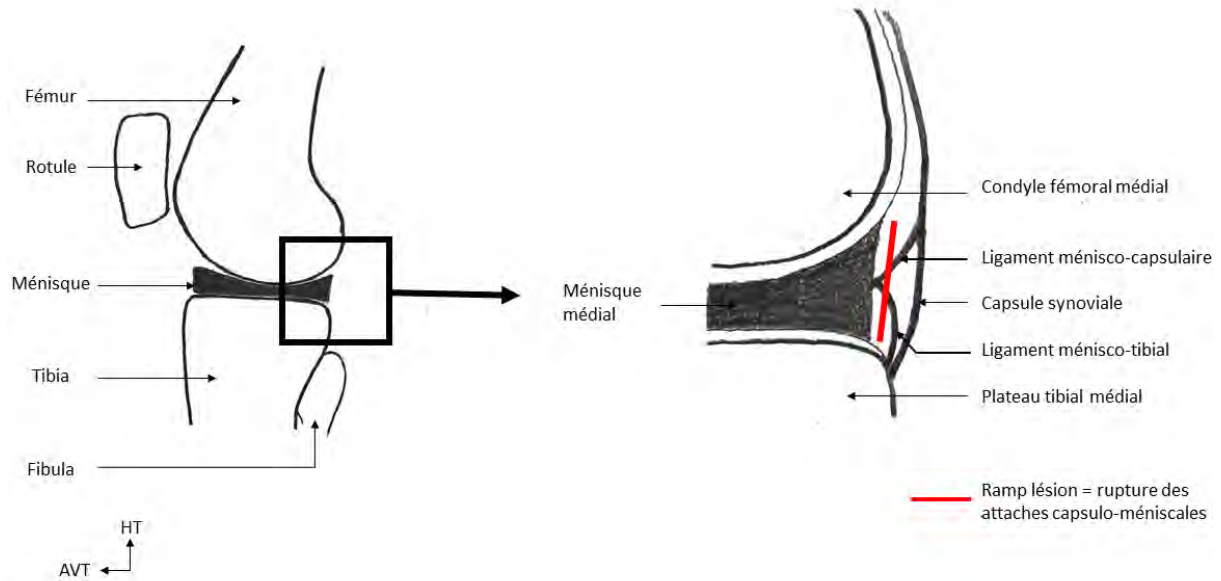
- [7] Chahla J, Dean CS, Moatshe G, Mitchell JJ, Cram TR, Yacuzzi C, et al. Meniscal Ramp Lesions. *Orthop J Sports Med* 2016;4.
<https://doi.org/10.1177/2325967116657815>.
- [8] Gülenç B, Kemah B, Yalçın S, Sayar Ş, Korkmaz O, Erdil M. Surgical Treatment of Meniscal RAMP Lesion. *J Knee Surg* 2020;33:255–9.
<https://doi.org/10.1055/s-0039-1677887>.
- [9] Sonnery-Cottet B, Praz C, Rosenstiel N, Blakeney WG, Ouanezar H, Kandhari V, et al. Epidemiological Evaluation of Meniscal Ramp Lesions in 3214 Anterior Cruciate Ligament-Injured Knees From the SANTI Study Group Database: A Risk Factor Analysis and Study of Secondary Meniscectomy Rates Following 769 Ramp Repairs. *Am J Sports Med* 2018;46:3189–97.
<https://doi.org/10.1177/0363546518800717>.
- [10] Sonnery-Cottet B, Serra Cruz R, Vieira TD, Goes RA, Saithna A. Ramp Lesions. *Clin Sports Med* 2020;39:69–81. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2019.08.010>.
- [11] Bumberger A, Koller U, Hofbauer M, Tiefenboeck TM, Hajdu S, Windhager R, et al. Ramp lesions are frequently missed in ACL-deficient knees and should be repaired in case of instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2019.
<https://doi.org/10.1007/s00167-019-05521-3>.
- [12] Mouton C, Magosch A, Pape D, Hoffmann A, Nührenbörger C, Seil R. Ramp lesions of the medial meniscus are associated with a higher grade of dynamic rotatory laxity in ACL-injured patients in comparison to patients with an isolated injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2019.
<https://doi.org/10.1007/s00167-019-05579-z>.

- [13] Pfeiffer TP, Murphy CI, Arner JW, Musahl V. Identification and treatment of RAMP lesions in anterior cruciate ligament-injured knees. *Ann Jt* 2017;2:17–17. <https://doi.org/10.21037/aoj.2017.05.06>.
- [14] Sonnery-Cottet B, Conteduca J, Thauinat M, Gunepin FX, Seil R. 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* 2014;42:921–6. <https://doi.org/10.1177/0363546514522394>.
- [15] Kim SH, Lee SH, Kim K-I, Yang JW. Diagnostic Accuracy of Sequential Arthroscopic Approach for Ramp Lesions of the Posterior Horn of the Medial Meniscus in Anterior Cruciate Ligament-Deficient Knee. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc* 2018;34:1582–9. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2017.12.008>.
- [16] PRIME PubMed | Normal and abnormal medial meniscocapsular structures: MR imaging and sonography in cadaver n.d. [https://www.unboundmedicine.com/medline/citation/9762977/Normal_and_abnormal_medial_meniscocapsular_structures:_MR_imaging_and_sonography_in_cadavers_\(accessed_January_2,_2020\)](https://www.unboundmedicine.com/medline/citation/9762977/Normal_and_abnormal_medial_meniscocapsular_structures:_MR_imaging_and_sonography_in_cadavers_(accessed_January_2,_2020).).
- [17] Koo B, Lee SH, Yun SJ, Song JG. Diagnostic Performance of Magnetic Resonance Imaging for Detecting Meniscal Ramp Lesions in Patients With Anterior Cruciate Ligament Tears: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med* 2019:036354651988052. <https://doi.org/10.1177/0363546519880528>.

- [18] Hash TW. Magnetic Resonance Imaging of the Knee. *Sports Health* 2013;5:78–107. <https://doi.org/10.1177/1941738112468416>.
- [19] Yeo Y, Ahn JM, Kim H, Kang Y, Lee E, Lee JW, et al. MR evaluation of the meniscal ramp lesion in patients with anterior cruciate ligament tear. *Skeletal Radiol* 2018;47:1683–9. <https://doi.org/10.1007/s00256-018-3007-4>.
- [20] Hatayama K, Terauchi M, Saito K, Aoki J, Nonaka S, Higuchi H. Magnetic Resonance Imaging Diagnosis of Medial Meniscal Ramp Lesions in Patients With Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg* 2018;34:1631–7. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2017.12.022>.
- [21] Kumar NS, Spencer T, Cote MP, Arciero RA, Edgar C. Is Edema at the Posterior Medial Tibial Plateau Indicative of a Ramp Lesion? An Examination of 307 Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Medial Meniscal Tears. *Orthop J Sports Med* 2018;6:2325967118780089. <https://doi.org/10.1177/2325967118780089>.
- [22] Kim Y, Ahn JM, Kang Y, Lee E, Lee JW, Kang HS. Uncovered Medial Meniscus Sign on Knee MRI: Evidence of Lost Brake Stop Mechanism of the Posterior Horn Medial Meniscus. *Am J Roentgenol* 2018;211:1313–8. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.19611>.
- [23] Maîtrise Orthopédique » Articles » Traitement à la carte dans la lésion du LCA : Et les stabilisateurs secondaires ? n.d.
- [24] Rubin DA, Britton CA, Towers JD, Harner CD. Are MR imaging signs of meniscocapsular separation valid? *Radiology* 1996;201:829–36. <https://doi.org/10.1148/radiology.201.3.8939239>.

- [25] Venables WN, Ripley BD. Modern Applied Statistics with S. New York, NY: Springer New York; 2002. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21706-2>.
- [26] Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 1977;33:159. <https://doi.org/10.2307/2529310>.
- [27] Bollen SR. Posteromedial meniscocapsular injury associated with rupture of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br* 2010;92-B:222–3. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.92B2.22974>.
- [28] DePhillipo NN, Cinque ME, Chahla J, Geeslin AG, Engebretsen L, LaPrade RF. Incidence and Detection of Meniscal Ramp Lesions on Magnetic Resonance Imaging in Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 2017;45:2233–7. <https://doi.org/10.1177/0363546517704426>.
- [29] Arner JW, Herbst E, Burnham JM, Soni A, Naendrup J-H, Popchak A, et al. MRI can accurately detect meniscal ramp lesions of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2017;25:3955–60. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4523-9>.
- [30] Okazaki Y, Furumatsu T, Okamoto S, Hiranaka T, Kintaka K, Miyazawa S, et al. Diagnostic performance of open MRI in the flexed knee position for the detection of medial meniscus ramp lesions. *Skeletal Radiol* 2020. <https://doi.org/10.1007/s00256-020-03480-2>.

Annexe 1 : Ramp lésion : schéma anatomique



Schémas : genou de profil (vue médiale) et zone de jonction ménisco-capsulaire postéro-médiale de profil

Annexe 2 : article en anglais

Introduction

In 1988, Strobel [1] was the first to describe “a special type of meniscal injury involving the peripheral attachment of the posterior horn of the medial meniscus, typically associated with an ACL deficiency” that he called a ramp lesion. This definition has been clarified, and today the term “ramp lesion” corresponds to a longitudinal posterior tear at the junction of the medial meniscus and the capsule or a tear of the meniscocapsular and/or meniscotibial ligaments [2,3]. Ramp lesions had an overall prevalence of 42% in a 2019 study [4], and are the subject of renewed interest because they have major functional consequences. Patients with ramp lesions have more anterior tibial translation and inadequate anteroposterior and rotary stability of the knee relative to patients with an isolated ACL tear [5,6].

Surgical repair of ramp lesions restores the knee’s normal biomechanics, unlike an isolated repair of the ACL [5,7], and yields significant clinical improvement [8]. Lack of treatment increases the risk of secondary meniscectomy [9] and increases the risk of the ACL reconstruction failing [10].

Therefore surgical treatment for these lesions is both necessary and recommended [11]. However, despite the fact that these lesions are associated with a higher grade pivot shift [12], they are difficult to diagnose clinically due to the absence of specific and sensitive tests [13]. Arthroscopy is the diagnostic gold standard [11] but frequently, ramp lesions are missed when using standard arthroscopic portals [14], thus specific techniques need to be used to fully explore the posteromedial area [14,15].

Given these issues, pre-operative diagnosis using imaging appears to be crucial, with MRI standing out as the most appropriate modality [16]. In 2019, a meta-analysis found an average sensitivity with MRI of 0.71 (95% CI: 0.59-0.81) and an average specificity of 0.94 (95% CI: 0.88-0.97) [17]. However, the studies had variable diagnostic accuracy, were incomplete, and were based on different pathological MRI signs. The most widely used pathological sign is complete fluid filling between the capsule and the posterior horn of the medial meniscus [18]. The other signs used for diagnosing ramp lesions are an irregular posterior wall of the internal meniscus [19], irregular T2 hyperintensity of the posteromedial capsulo-meniscal junction [20], a peripheral longitudinal fissure less than 4 mm from the menisco-capsular junction of the posterior horn of the medial meniscus [15], fluid hyperintensity in contact with the medial meniscus [19], oedema of the posteromedial tibial plateau [20,21], and anterior subluxation of the medial meniscus [22].

Hence there is currently no consensus on the pathological signs and accuracy of MRI for diagnosing ramp lesions, and few studies have been carried out by radiologists. The aim of our study was to determine which MRI signs correspond to ramp lesions in patients who have acute ACL tears, and to assess the diagnostic accuracy of each of these signs.

Materials and methods

Study population

This was a single-centre retrospective study. The Ethics Committee of our University Hospital Centre, in line with European laws on studies that include humans, does not require patient consent when doing retrospective studies related to standard care.

The patients included were over the age of 15 and had undergone a surgical repair of the ACL in our hospital between January 2019 and May 2019, and had MRI data available at the hospital network. Patients were excluded if they had previously undergone knee surgery or had a bucket handle tear of the posterior horn of the medial meniscus.

The patients were divided into two groups: those with a ramp lesion identified by arthroscopy and a control group without ramp lesions (Figure 1).

Surgery

Our study's gold standard was arthroscopic surgery. All the patients underwent ACL reconstruction with a triple-bundle semitendinosus graft by the same orthopaedic surgeon who has 13 years' experience as a knee surgeon. A complete arthroscopic assessment of the lesions was carried out in several stages including classic anterolateral and anteromedial approaches then passing across the intercondylar notch for a systematic exploration of the posteromedial compartment, looking for a ramp lesion. Evaluation was performed by direct visualisation but also by probing the posterior part of the medial meniscus [14]. When a ramp lesion was identified (figure 2), a posteromedial approach was made in order to debride and suture the lesion [23]. The arthroscopic definition of a ramp lesion was the interposition of fluid between the posterior segment of the medial meniscus and the joint capsule.

Acquisition of images

All of the imaging was done using a 1.5T MRI unit. The protocol (supplementary online material), included a T1-weighted morphological sequence in the sagittal plane and fat-saturated proton density sequences in all three spatial planes.

Interpretation of images

The pre-surgical MRIs were reviewed by two radiologists specialising in musculoskeletal imaging with 15 and 4 years of experience respectively, based on a validated protocol on a workstation using our facility's PACS (McKesson, New York, USA). The MRIs were reviewed blind by each radiologist, without looking at the presurgical evaluation, the other reviewer's interpretation and the surgical report. The two radiologists discussed their findings and reached a consensus in the second phase.

The following signs of a ramp lesion were selected after reviewing the literature and assessed as part of our study in a binary manner:

- a complete fluid PD FS hyperintensity between the capsule and the posterior wall of the medial meniscus [17–19], (Figure 3)
- oedema of the capsule with respect to the posterior horn of the medial meniscus, defined as a PD FS hyperintensity which is not as intense as the signal from the joint fluid [19],
- irregular appearance of the posterior wall of the medial meniscus [19],
- fluid in contact with the medial meniscus [19],
- subluxation of the medial meniscus defined by a gap of 5 mm or more between the posterior wall of the medial meniscus and the wall of the tibial medial plateau, measured sagittally on the slice where the gap is the greatest between the anterior and posterior medial meniscal horns [22,24].

The other anatomical structures of the knee were assessed in a binary manner looking for lesions that are known to occur with ramp lesions: joint effusion, posterior cruciate ligament, collateral ligaments, femoral condyles and tibial plateaus, and the posterior horns of the menisci.

Statistical analysis

The data are presented as averages and interquartile intervals for the quantitative variables, with percentages for the qualitative variables. Fisher or Chi² tests were used to compare categorical variables, and Student and Wilcoxon-Mann-Whitney were used tests to compare quantitative variables.

Logistic regressions in univariate then multivariate analysis were carried out. Variables with a *p* value of < 0.2 in the univariate analysis were selected for the multivariate analysis. A descending step-by-step selection based on the AUC [25] was carried out to select a limited number of variables for the multivariate analysis.

Starting from the ability of the five MRI signs (fluid hyperintensity between the capsule and the posterior wall of the medial meniscus, oedema of the capsule, irregularity in posterior wall of the medial meniscus, fluid in contact with the medial meniscus, anterior dislocation of medial meniscus) to discriminate when diagnosing a ramp lesion, we calculated their sensitivity (Se), specificity (Sp), positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV) and area under the curve (AUC). A significance threshold of 5% or less ($p \leq 0.05$) was considered as being significant.

The inter-observer agreement was assessed by calculating Cohen's Kappa coefficient. The results were interpreted based on the rules defined by Landis and Koch [26].

The analysis was carried out with the R software (version 3.6).

Results

Study population

A total of 57 patients were included in the study; 12 patients (21.1%) had a ramp on arthroscopy. There was no statistically significant difference in the clinical characteristics of patients with a ramp lesion on arthroscopy and those without ramp lesions (Table 1).

MRI signs

The results of the radiologist with the best diagnostic accuracy are shown in Table 2 and 3.

Only complete fluid filling between the capsule and the posterior wall of the medial meniscus was associated with the presence of a ramp lesion on arthroscopy in a statistically significant manner. The diagnostic accuracy of this sign is very good with a sensitivity of 84%, specificity of 67%, PPV of 90%, NPV of 53% and AUC of 76% with 95% CI [0.61-0.90].

In the univariate analysis, complete fluid filling between the capsule and the posterior wall of the medial meniscus was 11 times more likely to be associated with ramp lesions (OR 10.86, 95% CI: 2.70-51.16, $p=0.001$). The other MRI signs were not predictive of ramp lesions diagnosed by arthroscopy, either with the univariate or multivariate analysis, along with the association of MRI signs initially thought to indicate ramp lesion.

Inter-observer correlation

The inter-observer agreement was good for complete fluid filling between the capsule and the posterior wall of the medial meniscus ($k=0.79$) and for oedema in the capsule ($k=0.61$). It was moderate for irregularity of the posterior wall of the medial meniscus ($k=0.58$) and for anterior dislocation of the medial meniscus ($k=0.47$) and poor for fluid in contact with the medial meniscus ($k=0.30$).

Consensus

A consensus review of images for fluid hyperintensity between the capsule and the posterior wall of the meniscus was subsequently carried out, bringing the number of patients with this sign to 16/57. The results are provided in Table 4. The diagnostic accuracy after consensus was very good, with a sensitivity of 84%, specificity of 75%, PPV of 93%, NPV of 56% and AUC of 80% with 95%CI [0.6-0.94].

Discussion

Our study shows that – based on a single sign – it is possible to use MRI to diagnose ramp lesions with a high level of sensitivity. This sign is complete fluid filling between the capsule and the posterior wall of the medial meniscus. This sign has a sensitivity of 84% and PPV of 93%, with a good level of inter-observer reproducibility ($k=0.79$). A 2019 meta-analysis [17] found an average MRI sensitivity of 0.71 (95% CI: 0.59-0.81). This means that our study has the best diagnostic performance in terms of sensitivity.

MRI accuracy differs greatly depending on the study (Table 5). Previously, only one study had assessed the diagnostic accuracy of each of the MRI signs believed to be predictive of ramp lesions with the knee in an extended position [19]. The aim of our study was to provide a second expert view of pathological MRI signs and MRI accuracy, by including the MRI ramp lesion signs used in previous studies. In our study, the other MRI signs were not significantly associated with ramp lesions: neither the irregular posterior wall, unlike the Yeo study [19], nor oedema of the posteromedial tibial plateau, unlike the Kumar study [21]. Anterior subluxation of the medial meniscus related to anterior tibial translation [22] is not predictive of ramp lesions either, although several surgical studies have shown that increased tibial translation is a biomechanical consequence of ramp lesions [5,6]. Kim et al. hypothesised that performing an MRI with the knee flexed could reveal anterior tibial translation, which is maximal at 30° of flexion and minimal at 0° of flexion (full extension) [22].

Another aim of our study was to find associated lesions which could support the diagnosis of ramp lesions: with MRI, no other lesions were significantly associated with ramp lesions.

In our study, the prevalence of ramp lesions is 21%, which matches previous studies, with prevalence ranging from 9% to 42% [4,15,19–21,27–29]. We have not found any epidemiological or clinical risk factors for ramp lesions, unlike the Balazs et al study. [4]. As stated in previous articles, there does not seem to be any clinical outcome scores that predict ramp lesions [4].

In our study, MRI specificity and PPV were moderate at 67% and 53%, respectively. The specificity increased from 67% to 75% after radiological consensus review. This occurred because an extra ramp+ patient was identified during consensus review following the requalification of “capsule oedema” to “fluid hyperintensity”. However, the majority of the changes instituted during the consensus review consisted of reclassifying “fluid hyperintensity between the capsule and the posterior wall of the meniscus” as “capsule oedema”, given that the hyperintensity was not strictly fluid or was incomplete. Since this increased accuracy was achieved by being stricter about the hyperintensity’s complete fluid nature in diagnosing ramp lesions, it suggests this sign is valid while and the “capsule oedema” sign is unreliable. However, this also shows that it may be difficult to differentiate between “capsule oedema” and a “fluid hyperintensity”.

After radiological consensus, three false negatives remained (figure 4) for which no fluid hyperintensity was detected on the MRI images. As Bollen already suggested in

2010 (10), false negatives may arise from the artificial capsule-meniscus resetting in extension. Therefore, carrying out an MRI in the knee-flexed position may improve the sensitivity by increasing the passage of fluid between the capsule and the posterior wall of the meniscus when it is dissected.

After the consensus review, seven false positives remained. After analysing these false positives, we formulated several hypotheses. In three out of the seven cases, there was still some doubt as to the complete nature of the fluid hyperintensity, which could be very thin. One hypothesis could be that some adhesions remained and that we were wrong about the complete nature of the hyperintensity (figure 4). One false positive was due to confusion between a ramp lesion and a grade 3 posterior lesion of the medial meniscus less than 4 mm from the menisco-capsular junction. Some orthopaedic teams [15] consider vertical lesions of the posterior horn of the medial meniscus located less than 4 mm from the menisco-capsular junction to be ramp lesions because they cause the same biomechanical complications. In this study, we did not include this type of meniscal lesion in the definition of ramp lesions. Indeed, although these lesions may have the same biomechanical properties, the aim of our study was to define the best pathological MRI sign of ramp lesions, defined as capsulo-meniscal detachment. We have taken into account only the radiological definition. In the case of the last three false positives, retrospective analysis confirmed the presence of complete fluid filling between the capsule and the posterior wall of the meniscus. It can be hypothesised that MRI in the knee-flexed position reduces these pitfalls and increases the MRI's specificity. An initial study [30] showed good MRI performance and better sensitivity in the knee-flexed position (87% vs 31% in the knee-extended position); however, the MRI's sensitivity in the knee-extended position was very poor in that study (31%) compared to ours (84%). It should also be pointed out that although arthroscopy is the gold standard, we know that the arthroscopic diagnosis of ramp lesions is difficult, and that some ramps lesions are missed when the posteromedial approach is not used [13,14].

Our study was limited in several ways. The study was retrospective and included only a small number of patients at a single hospital facility. There may also be some selection bias, as patients who were unable to undergo arthroscopy were excluded. Lastly, the examinations were performed using an MRI 1.5T unit. That said, the effectiveness of our study was high and the study data on this point are inconsistent [17,20]. Our study also has some strong points. There was a control group, and the study was blinded. Also, the imaging was read by radiologists, and according to a meta-analysis done in 2019, this improves the diagnostic accuracy of the MRI [17].

To summarise, our study demonstrates that MRI is sufficiently sensitive and reproducible to diagnose ramp lesions with a single MRI sign – fluid hyperintensity between the capsule and the posterior wall of the medial meniscus. This confirms the major role played by MRI in diagnosing ramp lesions. However, diagnosis by MRI remains difficult, with only moderate levels of specificity in our study. One avenue would be to assess the use of MRI in the knee-flexed position to improve diagnostic performance. New studies using the MRI sign of fluid hyperintensity between the

posterior wall of the meniscus and the capsule should be carried with the knee flexed and the knee extended.

Figure Legends:

Figure 1: Flowchart

Figure 2: A ramp lesion seen with arthroscopy

Identification of a ramp lesion (→) of the medial meniscus with arthroscopy, using a needle to probe the capsulo-meniscal junction.

Figure 3: A ramp lesion seen with MRI

Sequence with PD FS weighting in the sagittal plane – knee in extension – slice centred on the medial meniscus. Complete fluid hyperintensity (white arrow) visible between the capsule and the posterior wall of the medial meniscus. A ramp lesion in this patient has found during arthroscopy.

Figure 4: Example of a false negative on MRI

Sequence with PD FS weighting in the sagittal plane – knee in extension – slice centred on the medial meniscus. Complete fluid hyperintensity cannot be seen between the capsule and the posterior wall of the medial meniscus. However, a ramp lesion was found during arthroscopy. In retrospect, there may have been a discrete non-fluid hyperintensity of the menisco-capsular junction.

Figure 5: Example of a false positive on MRI

Sequence with PD FS weighting in the sagittal plane – knee in extension – slice centred on the medial meniscus. Complete fluid hyperintensity visible between the capsule and the posterior wall of the medial meniscus. No ramp lesions were found during arthroscopy. In retrospect, this may have been a fluid hyperintensity and an adhesion (white arrow).

Tables

Table 1: Clinical characteristics of the population

		Total	Control (ramp-) group	Ramp+ group	P
Age: av. (min-max, SD)		27 (15-52, 9)	27.00 (15-44, 8.44)	28.42 (16-52, 11.36)	0.635
Sex % (n)	Female	26.3 (15/57)	31.1 (14/45)	8.3 (1/12)	0.221
	Male	73.6 (42/47)	68.9 (31/45)	91.7 (11/12)	
Laterality	Right	54.4 (31/57)	48 .9 (22/45)	75 (9/12)	0.198
	Left	45.6 (26/57)	51.1 (23/45)	25 (3/12)	
Time between injury and MRI (days) av. (min-max, SD)		52 (3-1095, 167)	58.08 (3-1095, 185.08)	27 (5-120, 37.69)	0.621
Time between MRI & surgery (days) av. (min-max, SD)		32 (6-211, 38)	34.20 (6-211, 39.92)	25.75 (7-120, 30.59)	0.503
Lachman % (n)	0	0	0	0	1.000
	1	100% (57/57)	100% (45/45)	100% (12/12)	
Pivot-shift test	0	0			0.845
	Grade I	31.6 (18/57)	33.3 (15/45)	25 (3/12)	
	Grade II	59.6 (34/57)	57.8 (26/45)	66.7 (8/12)	
	Grade III	8.8 (5/57)	8.9 (4/45)	8.3 (1/12)	
Anterior drawer test	0	1.8 (1/57)	2.2 (1/45)	0	1.000
	1	98.2 (56/57)	97.8 (44/45)	100 (12/12)	

Table 2: MRI signs of ramp lesions evaluated in this study

	Total	Ramp-	Ramp +	p
Hyperintensity between capsule and posterior horn of the medial meniscus	26.3 (15/57)	15.6 (7/45)	66.7 (8/12)	0.001
Oedema of capsule	47.4 (27/57)	53.3 (24/45)	25 (3/12)	0.155
Posterior horn irregularity	36.8 (21/57)	42.2 (19/45)	16.7 (2/12)	0.177
Fluid in contact with medial meniscus	7 (4/57)	6.7 (3/45)	8.3 (1/12)	1.000
Anterior subluxation of medial meniscus	21.1 (10/57)	17.8 (8/45)	16.7 (2/12)	1.000

Table 3: Other lesions associated with ramp lesions

	Total % (n/57)	Control (ramp-) group % (n/45)	Ramp+ group % (n/12)	p
Effusion	70.2 (40/57)	68.9 (31/45)	75 (9/12)	0.955
MCL	36.8 (21/57)	40 (18/45)	25 (3/12)	0.535
LCL	42.1 (24/57)	46.7 (21/45)	25 (3/12)	0.307
ALL	38.6 (22/57)	37.8 (17/45)	41.7 (5/12)	1.000
PCL	3.5 (2/57)	2.2 (1/45)	8.3 (1/12)	0.889
Medial meniscus	33.3 (19/57)	28.9 (13/45)	50 (6/12)	0.301
Lateral meniscus	17.5 (10/57)	17.8 (8/45)	16.7 (2/12)	1.000
Tibial medial plateau	61.4 (35/57)	62.2 (28/45)	58.3 (7/12)	1.000
Medial condyle	47.4 (27/57)	51.1 (23/45)	33.3 (4/12)	0.441
Tibial lateral plateau	86 (49/57)	88.9 (40/45)	75 (9/12)	0.445
Lateral condyle	75.4 (43/57)	77.8 (35/45)	66.7 (8/12)	0.677

Table 4: Consensus after review

	Total	Ramp-	Ramp+	p
Fluid hyperintensity between capsule and posterior horn of the medial meniscus	28% (16/57)	16% (7/45)	75% (9/12)	< 0.001

Table 5: Diagnostic performance of MRI: literature review

	Prevalence (%)	Sign	Sensitivity (%)	Specificity (%)	PPV (%)	NPV (%)	OR
De Philipo et al. 2017	17	Fluid hyperintensity Oedema of tibial posterior-medial plateau	48 72				
Pooler et al. 2017	14	Fluid hyperintensity	53.9-84.6	92.3-98.7	50-90	91.1-97.4	
Kim et al. 2018	27	Fluid hyperintensity	84	95.2			
Kumar et al. 2018	15	Oedema Tibial posterior-medial plateau	66				
Malatray et al. 2018	23	Fluid hyperintensity	23				
Hatayama et al. 2018	30	Fluid hyperintensity	72	90.5			
Yeo et al. 2018	9	Fluid hyperintensity Posterior horn irregularity	57 86	92 79			
Our study	21	Fluid hyperintensity	84	67	90.4	53.3	8.6

Supplementary material (online only): MRI protocol

Parameters	Axial PD FS	Coronal PD FS	Sagittal PD FS	Sagittal T1
TR (ms)	3964	2610	3633	560
TE (ms)	50	42	42	13
Tilt angle (°)	160	160	160	90
FOV	16	16	16	16
Matrix	512 x 512	512 x 512	512 x 512	512 x 512
Thickness of slice (mm)	4	4	4	4
Number of acquisitions	2	4	4	1

How well does MRI diagnose ramp lesions?

Abstract

Objectives

Ramp lesions are highly prevalent and have functional consequences that could affect the clinical outcomes of knee injuries. Pre-surgical MRIs play a crucial role because arthroscopic diagnosis is challenging. The diagnostic accuracy of MRI differs and various pathological signs are used. Our objective was to assess the diagnostic accuracy of MRI in diagnosing ramp lesions in patients with an acute lesion of the anterior cruciate ligament (ACL).

Methods

Patients who had undergone surgical repair of the ACL between January and May 2019, with MRI data available, were included retrospectively. The gold standard was arthroscopic evaluation. Two trained, blinded radiologists reviewed the MRIs. The following pathological signs were studied : complete fluid filling between the capsule and the posterior horn of the medial meniscus, irregular appearance of the posterior wall of the medial meniscus, oedema of the capsule, fluid hyperintensity in contact with the medial meniscus, anterior subluxation of the medial meniscus. Various measures of diagnostic accuracy and interobserver agreement were calculated.

Results

Fifty-seven patients were included. Twelve had a ramp lesion diagnosed by arthroscopy (21%). Only complete fluid hyperintensity between the posterior horn of the medial meniscus and the capsule was significantly associated with ramp lesions. The diagnostic accuracy of this specific sign was good, with a sensitivity of 84%, PPV of 92.7%, specificity of 75%, NPV of 56% and a good level of inter-observer agreement ($k=0.79$).

Conclusion

The complete fluid filling is the only significant pathological MRI sign for ramp lesions, with a high level of sensitivity.

QUELLES PERFORMANCES DE L'IRM POUR LE DIAGNOSTIC DE RAMP LESION ?

RESUME : Les ramp lésions nécessitent un traitement chirurgical mais sont de diagnostic arthroscopique difficile. L'objectif est d'évaluer les performances diagnostiques de l'IRM pour le diagnostic de ramp chez les patients ayant une lésion aiguë du LCA. Cinquante-sept patients ayant bénéficiés d'une réparation chirurgicale du LCA, avec une IRM disponible, ont été inclus rétrospectivement. Douze avaient une ramp à l'arthroscopie, qui était le gold standard. La relecture des IRM, réalisée en aveugle par deux radiologues, a montré que seul l'hypersignal liquidien complet entre la paroi postérieure du ménisque interne et la capsule était significativement associé aux ramp lésions. Les performances diagnostiques de ce signe étaient bonnes, avec une sensibilité de 84%, une spécificité de 75%, et une bonne corrélation inter observateur ($k=0.79$).

TITRE EN ANGLAIS : How well does MRI diagnose ramp lesions ?

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Médecine spécialisée clinique

MOTS-CLÉS : Imagerie par Résonance Magnétique, Lésion du Ménisque Médial, Lésion du Ligament Croisé Antérieur, Ramp lésion

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :
Université Toulouse III-Paul Sabatier
Faculté de médecine Toulouse-Purpan,
37 Allées Jules Guesde 31000 Toulouse

Directeur de thèse : Pr Marie FARUCH-BILFELD