

**Université de Limoges
Faculté de Médecine**

Année 2017

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'état de docteur en Médecine

présentée et soutenue publiquement
le 20 juin 2017
par

Emmanuel Ducouret

né le 9 août 1988, à Cayenne

**Pubalgie chronique du sportif : Performances diagnostiques de
l'IRM en comparaison à la chirurgie**

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur Charbel MOUNAYER
M. le Professeur Jean-Christophe DAVIET
M. le Professeur Jacques MONTEIL
M. le Docteur Benjamin DALLAUDIERE
M. le Docteur Vincent HUMMEL

Président
Juge
Juge
Juge (Directeur de thèse)
Membre invité





Université de Limoges
Faculté de Médecine

Année 2017

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'état de docteur en Médecine

présentée et soutenue publiquement
le 20 juin 2017
par

Emmanuel Ducouret

né le 9 août 1988, à Cayenne

**Pubalgie chronique du sportif : Performances diagnostiques de
l'IRM en comparaison à la chirurgie**

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur Charbel MOUNAYER
M. le Professeur Jean-Christophe DAVIET
M. le Professeur Jacques MONTEIL
M. le Docteur Benjamin DALLAUDIERE
M. le Docteur Vincent HUMMEL

Président
Juge
Juge
Juge (Directeur de thèse)
Membre invité



Professeurs des Universités - praticiens hospitaliers

| | |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| ABOYANS Victor | CARDIOLOGIE |
| ACHARD Jean-Michel | PHYSIOLOGIE |
| ALAIN Sophie | BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE |
| ARCHAMBEAUD Françoise | MEDECINE INTERNE |
| AUBARD Yves | GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE |
| AUBRY Karine | O.R.L. |
| BEDANE Christophe | DERMATO-VENEREOLOGIE |
| BERTIN Philippe | THERAPEUTIQUE |
| BESSEDE Jean-Pierre | O.R.L. |
| BORDESSOULE Dominique | HEMATOLOGIE |
| CAIRE François | NEUROCHIRURGIE |
| CHARISSOUX Jean-Louis | CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE et TRAUMATOLOGIQUE |
| CLAVERE Pierre | RADIOTHERAPIE |
| CLEMENT Jean-Pierre | PSYCHIATRIE d'ADULTES |
| COGNE Michel | IMMUNOLOGIE |
| CORNU Elisabeth | CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE |
| COURATIER Philippe | NEUROLOGIE |
| DANTOINE Thierry | GERIATRIE et BIOLOGIE du VIEILLISSEMENT |
| DARDE Marie-Laure | PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE |
| DAVIET Jean-Christophe | MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION |
| DESCAZEAUD Aurélien | UROLOGIE |
| DES GUETZ Gaëtan | CANCEROLOGIE |
| DESSPORT Jean-Claude | NUTRITION |
| DRUET-CABANAC Michel | MEDECINE et SANTE au TRAVAIL |

| | |
|------------------------------------|---------------------------------------------------|
| DUMAS Jean-Philippe | UROLOGIE |
| DURAND-FONTANIER Sylvaine | ANATOMIE (CHIRURGIE DIGESTIVE) |
| ESSIG Marie | NEPHROLOGIE |
| FAUCHAIS Anne-Laure | MEDECINE INTERNE |
| FAUCHER Jean-François | MALADIES INFECTIEUSES |
| FEUILLARD Jean | HEMATOLOGIE |
| FOURCADE Laurent | CHIRURGIE INFANTILE |
| GAINANT Alain | CHIRURGIE DIGESTIVE |
| GUIGONIS Vincent | PEDIATRIE |
| JACCARD Arnaud | HEMATOLOGIE |
| JAUBERTEAU-MARCHAN M. Odile | IMMUNOLOGIE |
| LABROUSSE François | ANATOMIE et CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES |
| LACROIX Philippe | MEDECINE VASCULAIRE |
| LAROCHE Marie-Laure | PHARMACOLOGIE CLINIQUE |
| LIENHARDT-ROUSSIE Anne | PEDIATRIE |
| LOUSTAUD-RATTI Véronique | HEPATOLOGIE |
| MABIT Christian | ANATOMIE |
| MAGY Laurent | NEUROLOGIE |
| MARIN Benoît | EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION |
| MARQUET Pierre | PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE |
| MATHONNET Muriel | CHIRURGIE DIGESTIVE |
| MELLONI Boris | PNEUMOLOGIE |
| MOHTY Dania | CARDIOLOGIE |
| MONTEIL Jacques | BIOPHYSIQUE et MEDECINE NUCLEAIRE |
| MOREAU Jean-Jacques | NEUROCHIRURGIE |
| MOUNAYER Charbel | RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE |

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------|
| NATHAN-DENIZOT Nathalie | ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION |
| NUBUKPO Philippe | ADDICTOLOGIE |
| PARAF François | MEDECINE LEGALE et DROIT de la SANTE |
| PLOY Marie-Cécile | BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE |
| PREUX Pierre-Marie | EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION |
| ROBERT Pierre-Yves | OPHTALMOLOGIE |
| SALLE Jean-Yves | MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION |
| SAUTEREAU Denis | GASTRO-ENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE |
| STURTZ Franck | BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE |
| TEISSIER-CLEMENT Marie-Pierre | ENDOCRINOLOGIE, DIABETE et MALADIES METABOLIQUES |
| TREVES Richard | RHUMATOLOGIE |
| TUBIANA-MATHIEU Nicole | CANCEROLOGIE |
| VALLEIX Denis | ANATOMIE |
| VERGNENEGRE Alain | EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION |
| VERGNE-SALLE Pascale | THERAPEUTIQUE |
| VIGNON Philippe | REANIMATION |
| VINCENT François | PHYSIOLOGIE |
| WEINBRECK Pierre | MALADIES INFECTIEUSES |
| YARDIN Catherine | CYTOLOGIE et HISTOLOGIE |

PROFESSEUR ASSOCIE DES UNIVERSITES A MI-TEMPS DES DISCIPLINES MEDICALES

| | |
|------------------|-------------------------------------------|
| BRIE Joël | CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE |
|------------------|-------------------------------------------|

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

| | |
|-------------------------|----------------------------|
| AJZENBERG Daniel | PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE |
| BARRAUD Olivier | BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE |

| | |
|--------------------------------|---------------------------------------------|
| BOURTHOUMIEU Sylvie | CYTOLOGIE et HISTOLOGIE |
| BOUTEILLE Bernard | PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE |
| CHABLE Hélène | BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE |
| DURAND Karine | BIOLOGIE CELLULAIRE |
| ESCLAIRE Françoise | BIOLOGIE CELLULAIRE |
| HANTZ Sébastien | BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE |
| JESUS Pierre | NUTRITION |
| LE GUYADER Alexandre | CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE |
| LIA Anne-Sophie | BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE |
| MURAT Jean-Benjamin | PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE |
| QUELVEN-BERTIN Isabelle | BIOPHYSIQUE et MEDECINE NUCLEAIRE |
| RIZZO David | HEMATOLOGIE |
| TCHALLA Achille | GERIATRIE et BIOLOGIE du VIEILLISSEMENT |
| TERRO Faraj | BIOLOGIE CELLULAIRE |
| WOILLARD Jean-Baptiste | PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE |

P.R.A.G.

GAUTIER Sylvie ANGLAIS

PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

BUCHON Daniel

DUMOITIER Nathalie

PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS DE MEDECINE GENERALE

MENARD Dominique

PREVOST Martine

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS DE MEDECINE GENERALE

HOUDARD Gaëtan

PAUTOUT-GUILLAUME Marie-Paule

PROFESSEURS EMERITES

ADENIS Jean-Paul du 01.09.2015 au 31.08.2017

ALDIGIER Jean-Claude du 01.09.2016 au 31.08.2018

MERLE Louis du 01.09.2015 au 31.08.2017

MOULIES Dominique du 01.09.2015 au 31.08.2017

VALLAT Jean-Michel du 01.09.2014 au 31.08.2017

VIROT Patrice du 01.09.2016 au 31.08.2018

Le 1^{er} septembre 2016

Assistants Hospitaliers Universitaires – Chefs de Clinique

Le 1^{er} novembre 2015

ASSISTANTS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES

| | |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| BLANC Philippe | BIOPHYSIQUE et MEDECINE NUCLEAIRE |
| CHUFFART Etienne | ANATOMIE |
| DONISANU Adriana | ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION |
| FAYE Pierre-Antoine | BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE |
| FREDON Fabien | ANATOMIE |
| KASPAR Claire | ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION |
| MANCIA Claire | ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION |
| MATHIEU Pierre-Alain | ANATOMIE (Service d'Orthopédie-Traumatologie) |
| LOMBEL Guillaume | IMMUNOLOGIE |
| SERENA Claire | ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION |

CHEFS DE CLINIQUE - ASSISTANTS DES HOPITAUX

| | |
|---------------------------------|------------------------------------------------------|
| ARDOUIN Elodie | RHUMATOLOGIE |
| ASSIKAR Safaë | DERMATO-VENEREOLOGIE |
| BIANCHI Laurent | GASTROENTEROLOGIE (A compter du 12 novembre 2015) |
| BORDES Jérémie | MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION |
| BOURMAULT Loïc | OPHTALMOLOGIE |
| BUISSON Géraldine | PEDOPSYCHIATRIE |
| CASSON-MASSELIN Mathilde | RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE |
| CAZAVET Alexandre | CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE |
| CHAPELLAS Catherine | REANIMATION |
| CHATAINIER Pauline | NEUROLOGIE |
| CHRISTOU Niki | CHIRURGIE DIGESTIVE |

| | |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| COSTE-MAZEAU Perrine | GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE (Surnombre du 1er novembre 2015 au 20 février 2016) |
| CYPIERRE Anne | MEDECINE INTERNE A |
| DAIX Thomas | REANIMATION |
| DIJOUX Pierrick | CHIRURGIE INFANTILE |
| DOST Laura | OPHTALMOLOGIE |
| EVENO Claire | CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE |
| GANTOIS Clément | NEUROCHIRURGIE |
| GARDIC Solène | UROLOGIE |
| GONZALEZ Céline | REANIMATION |
| GSCHWIND Marion | MEDECINE INTERNE B |
| HOUMAÏDA Hassane | CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE (A compter du 02 novembre 2015) |
| JACQUES Jérémie | GASTRO-ENTEROLOGIE |
| KENNEL Céline | HEMATOLOGIE |
| LACORRE Aymeline | GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE |
| LAFON Thomas | MEDECINE d'URGENCE |
| LAVIGNE Benjamin | PSYCHIATRIE d'ADULTES |
| LE BIVIC Louis | CARDIOLOGIE |
| LE COUSTUMIER Eve | MALADIES INFECTIEUSES |
| LEGROS Emilie | PSYCHIATRIE d'ADULTES |
| LERAT Justine | O.R.L. |
| MARTIN Sylvain | RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE |
| MATT Morgan | MALADIES INFECTIEUSES |
| MESNARD Chrystelle | GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE |

| | |
|--------------------------|----------------------------------------------|
| MONTCUQUET Alexis | NEUROLOGIE |
| PAPON Arnaud | GERIATRIE et BIOLOGIE du VIEILLISSEMENT |
| PETITALOT Vincent | CARDIOLOGIE |
| PONTHIER Laure | PEDIATRIE |
| ROGER Thomas | CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE et TRAUMATOLOGIQUE |
| SAINT PAUL Aude | PNEUMOLOGIE |
| SCOMPARIN Aurélie | O.R.L. |
| TAÏBI Abdelkader | CANCEROLOGIE |
| TRIGOLET Marine | PEDIATRIE |

CHEF DE CLINIQUE – MEDECINE GENERALE

RUDELLE Karen

CHEF DE CLINIQUE ASSOCIE – MEDECINE GENERALE

(du 1er novembre 2015 au 31 octobre 2016)

LAUCHET Nadège

PRATICIEN HOSPITALIER UNIVERSITAIRE

BALLOUHEY Quentin
CHIRURGIE INFANTILE
(du 1er mai 2015 au 30 avril 2019)

CROS Jérôme
ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
(du 1^{er} mai 2014 au 31 octobre 2018)



Remerciements

**A notre maître,
Au Professeur Charbel Mounayer,
Professeur des Universités de radiologie et imagerie médicale,
Praticien hospitalier,
Chef du service de radiologie et imagerie médicale du CHU de Limoges,**

Pour votre engagement à nos côtés, votre pratique et votre enseignement de la neuroradiologie interventionnelle aux étudiants d'ici et d'ailleurs, nous vous remercions.
Soyez assuré de mon profond respect et de l'estime que je porte à votre travail.

**A notre juge et directeur de thèse,
Au Docteur Benjamin Dallaudière,
Docteur en radiologie et imagerie médicale,**

Pour ton engagement tout au long de ce travail, ta disponibilité et tes conseils précieux, je te remercie.

Sois assuré de mon respect et de mon amitié.

**A notre maître,
Au Professeur Jean-Christophe Daviet,
Professeur des Universités de médecine physique et réadaptation,
Praticien hospitalier,**

Pour votre investissement au service des malades, de la science, pour avoir accepté de
juger ce travail de thèse.

Soyez assuré de mon profond respect et de l'estime que je porte à votre travail.

**A notre maître,
Au Professeur Jacques Monteil,
Professeur des Universités de médecine nucléaire,
Praticien hospitalier,
Chef du service de médecine nucléaire au CHU de Limoges,**

Pour votre investissement au service des malades, de la science, pour votre enseignement de cette spécialité qui est la votre et dont j'ai pu bénéficier avec plaisir, pour avoir accepté de juger ce travail de thèse.

Soyez assuré de mon profond respect et de l'estime que je porte à votre travail.

**Au Docteur Vincent Hummel,
Docteur en radiologie et imagerie médicale**

Pour ton investissement et le savoir dont tu as pu faire bénéficier tes jeunes internes dès le premier jour de ton clinicat et encore aujourd'hui, pour ton amitié et pour avoir accepté de juger ce travail de thèse.

Sois assuré de mon respect, mon amitié et de l'estime que je porte à ton travail.

**A François Dalmay,
Ingénieur d'études et biostatisticien au CEBIMER, faculté de médecine de Limoges**

Pour votre investissement sans failles dans ce travail, pour en avoir réalisé l'analyse statistique et pour m'avoir aidé à appréhender des notions que je n'aurais, sans vous, jamais espéré comprendre.

A Raphaëlle, ma chérie, pour m'avoir accompagné jusque là et pour ton soutien
A ma famille, Maman, Papa, Arlette, Lucette, Paul, Pierre et Flora pour m'avoir amené
jusque là dans l'éducation, les conseils judicieux et à travers la métropole
A Anna, nouvelle venue, longue vie à toi !
Au Dr Lebal, pour ton soutien inconditionnel pendant ces années où on s'est quand même
bien marrés, pour toutes ces histoires dont tu as été le protagoniste, pour les huevos, je
t'aime et t'admire pote !
A Jean-Paul, hermano dans la vie et dans la saucisse, homme le plus populaire, le plus beau
gosse de Bordeaux, urgentiste le mieux payé de sa génération, meilleur espoir masculin et
futur président de la Terre, tu es au fond de mon cœur à côté d'Alex
A Benjamin et à sa board qui luttent contre les vagues à l'âme, continue tes belles siestes
sur les radiateurs, tu es à côté d'Alex et de Jean Paul en spoon
A Faf pour ta bonne humeur, bonne ambiance, bonne gueule et popularité téléphonique,
l'ensemble sain et gluten free, évidemment, tu es à côté d'Alex, Jean Paul et Ben
A Laurette pour toutes ces années et pour avoir corrigé mon anglais médiocre
A Thomas, de loin l'homme le plus en place dans la vie, un phare dans la nuit de l'ignorance
et de la saucisse, détenteur du secret de la piscine, tu es à côté d'Alex, Jean Paul, Ben et
Raph
A Jak, même si tu es loin tu es toujours capable de nous découper sur la ligne de touche, on
se refera bien une vaisselle dans la baignoire, tu es à côté d'Alex, Jean Paul, Ben, Raph et
Thomas
A l'ensemble des Lanceurs de Saucisses, vous m'avez bien régalé depuis la P2 jusqu'à
maintenant et ça continue avec un joli V de la victoire !
A la constellation, parce que c'était bien sympa et que malgré vous, vous avez été là
A l'équipe du grand service de radiologie du CHU, merci pour m'avoir appris à apprécier les
rayons X à leur juste valeur et à faire danser les protons
Par ordre d'apparition, aux Drs Menzli, Hummel(s), Lachatre, Casson-Masselin, Boncoeur,
Jammet, De Souza, Moriau, Bouillet, Dahmane, et à Nikito pour m'avoir appris ce que je sais
de la radiologie diagnostique et interventionnelle
A Google, Sfrnet, Anatjg et e-anatomy pour les mêmes raisons
Au chat, tu n'as pas de nom et tes capacités en tant que chat restent à prouver, essaye
d'avoir un peu moins d'appétit par contre
A tous ceux qui ne figurent pas dans cette liste, je suis désolé je suis une belle saucisse
mais je vous aime bien

Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Table des matières

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCTION..... | 25 |
| I. Contexte..... | 27 |
| I.1. Anatomie ostéo-articulaire, musculo-squelettique et pariétale de la région pubienne et inguinale. | 27 |
| I.1.1. Anatomie et physiologie ostéo-articulaire. | 27 |
| I.1.2. Anatomie et physiologie musculo-tendineuse..... | 29 |
| I.1.3. Anatomie descriptive de la région inguinale. | 30 |
| I.2. Nomenclature, physiopathologie de la PCS, diagnostic clinique, imagerie et traitement | 32 |
| I.2.1. Nomenclature..... | 32 |
| I.2.2. Physiopathologie..... | 33 |
| I.2.3. Examen clinique..... | 33 |
| I.2.4. Imagerie | 34 |
| I.2.4.1 Radiographie conventionnelle | 34 |
| I.2.4.2 Echographie | 34 |
| I.2.4.3 Imagerie par Résonance Magnétique | 35 |
| I.2.4.4 Autres modalités..... | 36 |
| I.2.5. Traitement..... | 37 |
| I.2.5.1 Traitement conservateur..... | 37 |
| I.2.5.2 Traitement chirurgical..... | 38 |
| I.2.5.2.1. Formes ostéo-articulaires | 38 |
| I.2.5.2.2. Formes musculo-tendineuses..... | 38 |
| I.2.5.2.3. Formes pariétales | 38 |
| II. ETUDE SCIENTIFIQUE | 40 |
| II.1. TITLE PAGE..... | 40 |
| II.2. ABSTRACT..... | 41 |
| II.3. MRI IN CHRONIC GROIN PAIN: SEQUENCES DIAGNOSTIC RELIABILITY COMPARED TO SYSTEMATIC SURGICAL ASSESSMENT. | 42 |
| II.3.1. Introduction | 42 |
| II.3.2. Materials and methods..... | 43 |
| II.3.3. Results | 49 |
| II.3.4. Discussion..... | 54 |
| II.3.5. Conclusion | 56 |
| II.3.6. References..... | 57 |
| III. PRINCIPAUX RESULTATS, DISCUSSION ET CONCLUSION | 60 |
| III.1. Principaux résultats de notre étude | 60 |
| III.1.1. Données chirurgicales | 60 |
| III.1.2. Données des séquences IRM..... | 60 |
| III.1.3. Corrélation IRM – chirurgie | 62 |
| III.2. Discussion | 65 |
| CONCLUSION | 69 |
| Références bibliographiques..... | 70 |
| Annexes | 75 |



Table des illustrations

Figure 1 : Quatre représentations schématiques de l'ostéologie et de l'arthrologie pubienne et symphysaire avec :

a) Vue de face stricte en reconstruction Volume Rendering (VR) du squelette pelvien avec C : Corps du pubis droit ; TP : Tubercule Pubien gauche ; BS : Branche Supérieure gauche ; BI : Branche Inférieure gauche,

b) Vue coronale oblique dans le plan symphysaire en reconstruction VR du squelette pelvien avec 1 : Corps du pubis droit ; 2 : Tubercule pubien droit ; 3 : Ligament pubien supérieur (vert) ; 4 : Projection des ligaments publiens antérieur et postérieur (vert transparent) ; 5 : Ligament pubien inférieur (vert) ; 6 : Disque articulaire (bleu pâle),

c) Vue de profil interne en reconstruction VR du squelette pelvien avec 1 : Surface articulaire et mise en place du disque articulaire (bleu pâle) ; 2 : Pecten (crête pubienne, rouge),

d) Vue de profil interne et cranial en reconstruction VR du squelette pelvien avec P : Pecten (rouge).....28

Figure 2 : Représentation schématique des insertions musculo-tendineuses sur la symphyse pubienne avec 1 : muscle GD droit, 2 : muscle pyramidal (accessoire, inconstant) récliné, 3 : muscles graciles (droit et gauche), 4 : muscles LA en ventral et court adducteur en dorsal, 5 : muscle pectiné et 6 : insertions aponévrotiques de l'oblique externe avec son dédoublement.....30

Figure 3 : Représentation schématique des parois du canal inguinal.....31

Figure 4 : Représentation schématique de l'anatomie du Canal Inguinal avec la paroi médiale de la région inguinale (muscle GD), la limite inférieure (Ligament Inguinal ou arcade crurale) et les différentes composantes des parois supérieure, latérale, ventral et dorsale...32

Table des tableaux

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques IRM dans l'évaluation du LA avec : N = nombre de séquences ; Ax = Axial ; Cor = Coronal ; Sag = Sagittal ; OUD = Œdème Unilatéral Droit ; OUG = Œdème Unilatéral Gauche ; ELAD = Enthésopathie du LA Droit ; ELAG = Enthésopathie du LA Gauche ; Cal = Calcification ; FLAD = Fissure du LA Droit ; FLAG = Fissure du LA Gauche ; LLAD = Lésion du LA Droit ; LLAG = Lésion du LA Gauche.....60

Tableau 2 : Résumé des caractéristiques IRM dans l'évaluation de la PA avec : N = nombre de séquences ; Ax = Axial ; Cor = Coronal ; Sag = Sagittal ; BTFD = Bombement du Fascia Transversalis Droit ; BFTG = Bombement du Fascia Transversalis Gauche ; AGDD = Atrophie du Grand Droit Droit ; AGDG = Atrophie du Grand Droit Gauche ; LPAD = Lésion de la PA Droite ; LPAG = Lésion de la PA Gauche.....61

Tableau 3 : Résumé des meilleures séquences d'IRM seules et en combinaisons en comparaison à la chirurgie dans l'étude des tendons LA avec : N = nombre de séquences ou de combinaisons; Cor = Coronal; Sag = Sagittal; Se = Sensibilité; Sp = Spécificité; VPP = Valeur Prédictive Positive; VPN = Valeur Prédictive Négative; Eff = Efficacité.....62

Tableau 4 : Résumé des meilleures séquences d'IRM seules et en combinaisons en comparaison à la chirurgie dans l'étude des PA avec : N = nombre de séquences ou de combinaisons; Cor = Coronal; Sag = Sagittal; Se = Sensibilité; Sp = Spécificité; VPP = Valeur Prédictive Positive; VPN = Valeur Prédictive Négative; Eff = Efficacité.....63

INTRODUCTION

La Pubalgie Chronique du Sportif (PCS) est un problème fréquent dont le taux d'incidence est compris entre 2 et 6,2%, avec une prédominance masculine (sex-ratio : 2,5) [1][2][3][4]. Elle concerne tout particulièrement les sportifs de haut niveau, mais également les sportifs amateurs avec une prédilection pour les sports de type football, rugby, hockey sur glace mais aussi ski, et saut de haies [5][6][7].

La physiopathologie est aujourd'hui bien décrite, et l'on considère généralement 3 types de PCS pouvant être intriqués : une forme ostéo-articulaire également connue sous le nom d'ostéite pubienne dont le rôle seul dans la genèse d'une pubalgie est discuté, une forme musculo-tendineuse par traction antagoniste des muscles adducteurs (principalement représentés par le chef musculaire Long Adducteur (LA)) et des muscles Grands Droits (GD), une forme pariétale par atteinte multifactorielle du Canal Inguinal (CI) à l'origine d'une faiblesse puis d'une incompetence douloureuse de celui-ci [8][9][10].

Les modalités de traitement de la PCS varient selon le sous-type physiopathologique incriminé et reposent donc sur un diagnostic précis des éléments anatomiques en cause [11][12][13]. Ainsi, le traitement des formes ostéo-articulaires est largement médical [14][15]. Les autres formes relèvent d'un traitement chirurgical après échec d'un traitement médical bien conduit, avec pour but de diminuer les forces de traction sur la région inguinale, en ayant parfois recours à une ténotomie des adducteurs et souvent à des techniques de réparation pariétale [9][10][16][17][18].

Compte-tenu de la difficulté de l'examen clinique de la PCS et de son faible pouvoir discriminant, le bilan diagnostique complet de toute pubalgie impose un recours à l'imagerie [8][19][13]. Celui-ci se base sur l'échographie pour les formes musculo-tendineuses et pariétales (avec étude dynamique) et surtout sur l'IRM qui permet d'apprécier une atteinte ostéo-articulaire et musculo-tendineuse et d'écarter la plupart des diagnostics différentiels [20][9][10][21][22][23].

La littérature sur l'imagerie de la PCS est abondante et concordante concernant la sémiologie radio-échographique et IRM [24][21][22][25][26][27][9][10][28][29]. Branci et al. ont proposé un protocole d'exploration dédié aux formes essentiellement musculo-tendineuses et ostéo-articulaires de PCS sans corrélation à la chirurgie ni étude des formes pariétales en dehors des lésions des muscles GD [30]. Cependant, il n'existe pas de consensus concernant le protocole d'exploration IRM optimal des 3 formes de PCS. A notre connaissance, deux études ont évalué les performances de l'IRM en comparaison systématique à la chirurgie [21][20]. La première a rétrospectivement évalué 102 patients ayant bénéficié de chirurgie de PCS (concernant essentiellement des atteintes des GD), préalablement explorés à l'aide de différentes IRM (0,2 à 1,5 T) avec des séquences disparates (sans recours à l'injection de gadolinium)[21]. La seconde, cas-témoin rétrospective concernant 18 malades et 18 sujets sains, a évalué la pertinence des informations délivrées par l'IRM (avec des protocoles reproductibles et l'utilisation de séquences avec injection de gadolinium) avec une bonne corrélation à la chirurgie si l'on considère les items « atteint » versus « non atteint »[20]. Ces deux études n'ont néanmoins pas évalué la performance des séquences sur lesquelles elles se sont basées.

Notre objectif premier était donc d'évaluer les performances diagnostiques de 8 séquences d'IRM seules puis en combinaisons, en comparaison systématique à la chirurgie, dans le bilan des PC de forme musculo-tendineuse et pariétale.

Notre objectif second était donc d'en déduire un protocole d'exploration optimal de la PCS en un temps d'examen adapté à une pratique courante.

I. Contexte

I.1. Anatomie ostéo-articulaire, musculo-squelettique et pariétale de la région pubienne et inguinale.

Une connaissance approfondie de l'anatomie des différents constituants de la région pubienne et inguinale est un prérequis indispensable pour une bonne compréhension des mécanismes physiopathologiques à l'origine des différentes formes de pubalgie [22][31]. Trois sous-types physiopathologiques différents, bien que souvent intriqués peuvent être à l'origine d'une PCS, il est donc fondamental de bien décrire l'ensemble des éléments ostéo-articulaires, musculo-tendineux et pariétaux, confinés dans un espace restreint qui peut donc être qualifié de « carrefour » ou de « point central » [9][22].

Nous allons donc passer en revue ces trois formes anatomiques avant de nous intéresser à leur rôle propre ainsi qu'à leur association physiopathologique dans la genèse d'une PCS.

I.1.1. Anatomie et physiologie ostéo-articulaire.

L'articulation symphysaire pubienne est une amphiarthrose impaire réunissant les deux os pubiens sur la ligne médiane, avec interpolation d'un élément fibro-cartilagineux également appelé disque articulaire.

Ce disque assume une fonction essentielle dans la biomécanique symphysaire, par analogie avec les disques inter-somatiques rachidiens. Il permet d'absorber les forces de cisaillement et de compression subies par la symphyse [28]. Sa morphologie varie avec l'âge avec une fente postéro-supérieure (fente primaire, centrale), liquidienne qui se développe dans la deuxième année, avec un sex-ratio en faveur des sujets féminins [32].

L'os pubien constitue la partie antéro-inférieure de l'os coxal. Il est divisé en un corps, médial, et en deux branches supérieure et inférieure (les rami), avec une crête, craniale : le pecten. En médial de ce dernier se situe le tubercule pubien, site d'insertion du ligament inguinal ou arcade crurale.

La face médiale de chaque os pubien est une surface articulaire ovoïde, tapissée par un fin cartilage hyalin, avec alternance d'échancrures et de crêtes luttant contre les forces de cisaillement [32].

La branche supérieure est orientée en arrière, en cranial et en latéral où elle vient contribuer à constituer la partie antéro-supérieure de l'acétabulum. La branche inférieure a une orientation latérale et postérieure où elle vient effectuer un pont avec l'os ischiatique. Les deux constituent les bords supéro-interne et inféro-interne du foramen obturé [33].

Il n'existe pas, à proprement parler, de capsule articulaire, bien que cette terminologie soit souvent utilisée par analogie avec d'autres articulations, et notamment en raison de la présence du disque articulaire mais surtout de quatre ligaments parmi lesquels les ligaments supérieur et inférieur (ou ligament arqué) assurent les fonctions les plus importantes dans la résistance aux forces de cisaillement par rapport à leurs homologues antérieur et postérieur.

Le ligament supérieur relie les tubercules pubiens. Le ligament arqué passe en hamac sous le rebord articulaire inférieur où il présente des attaches discales. Il présente des insertions aponévrotiques intéressant le muscle gracile et surtout le tendon du muscle long adducteur,

ce qui présente un intérêt physiopathologique particulier dans la liaison entre la forme ostéo-articulaire et la forme musculo-tendineuse [28].

Le ligament antérieur présente une couche profonde solidaire au disque articulaire et une couche superficielle attachée à l'aponévrose de l'oblique externe et du droit abdominal ce qui, nous le verrons, permet de relier là encore la forme ostéo-articulaire à la forme musculo-tendineuse et finalement pariétale [34].

Les fonctions de cette articulation symphysaire sont multiples ce qui amène le concept de dynamique pelvienne :

- Une fonction stabilisatrice du pelvis antérieur en autorisant un mouvement craniocaudal physiologique jusqu'à 2 mm et une rotation axiale de 3° lors de la marche [35].
- Une fonction d'absorption des forces de cisaillement lors de la marche et des différents traumatismes, également par transmission de ceux-ci au reste de l'os coxal par le biais des branches [33].
- Une fonction de laxité hormono-dépendante (essentiellement via une augmentation de la laxité ligamentaire) lors de la grossesse, en préparation de l'accouchement [32].

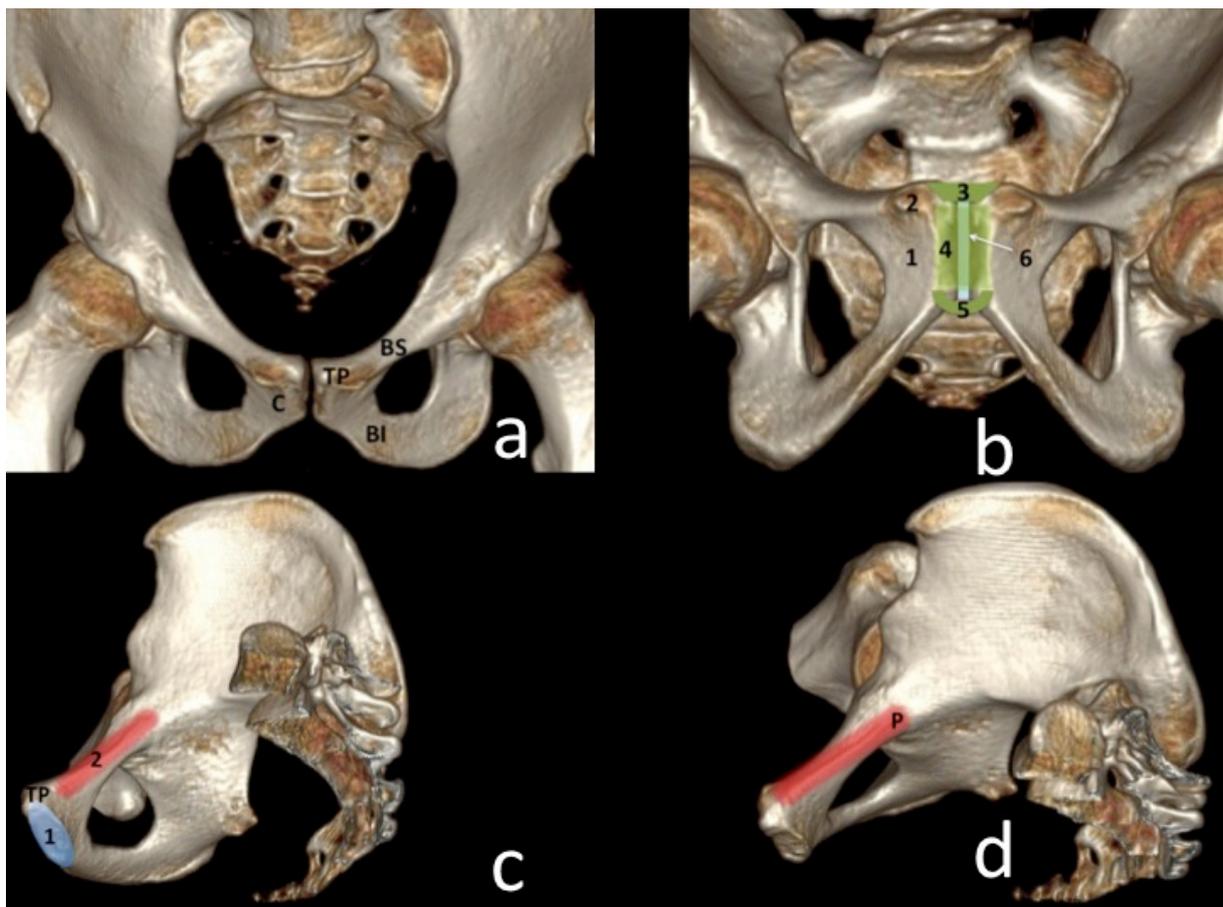


Figure 1 : Quatre représentations schématiques de l'ostéologie et de l'arthrologie pubienne et symphysaire avec :

- a) Vue de face stricte en reconstruction Volume Rendering (VR) du squelette pelvien avec C : Corps du pubis droit ; TP : Tubercule Pubien gauche ; BS : Branche Supérieure gauche ; BI : Branche Inférieure gauche,
- b) Vue coronale oblique dans le plan symphysaire en reconstruction VR du squelette pelvien avec 1 : Corps du pubis droit ; 2 : Tubercule pubien droit ; 3 : Ligament pubien supérieur (vert) ; 4 : Projection des ligaments pubiens antérieur et postérieur (vert transparent) ; 5 : Ligament pubien inférieur (vert) ; 6 : Disque articulaire (bleu pâle),
- c) Vue de profil interne en reconstruction VR du squelette pelvien avec 1 : Surface articulaire et mise en place du disque articulaire (bleu pâle) ; 2 : Pecten (crête pubienne, rouge),
- d) Vue de profil interne et cranial en reconstruction VR du squelette pelvien avec P : Pecten (rouge).

I.1.2. Anatomie et physiologie musculo-tendineuse.

La symphyse pubienne et les os pubiens au sens plus large sont le siège d'insertion de nombreux tendons et muscles :

- en cranial par une large insertion intéressant la surface articulaire, le tendon du muscle GD,
- en avant et en latéral, sur la surface angulaire du corps du pubis, le tendon du muscle LA,
- plus en latéral et postérieur, les tendons des muscles court et grand adducteurs,
- plus inférieurement le muscle gracile,
- et, en cranial sur la branche supérieure, le muscle pectiné.

Indirectement, on trouve également l'insertion du tendon conjoint, réunion des aponévroses des muscles oblique interne et transverse, ainsi que les piliers latéral et médial de l'éponévrose du muscle oblique externe (anatjg – imaios).

Les muscles principaux dans la genèse de la pubalgie, via leur action antagoniste et la traction qu'ils imposent à la région symphysaire, sont les GD, les adducteurs parmi lesquels le LA apparaît prépondérant, et bien sûr les muscles pariétaux qui feront l'objet d'une attention particulière dans les formes pariétales [36][22][37][20][38][9][4][24][16][39][40][27][41][29][21].

Le muscle GD présente une particularité anatomique résidant dans ses insertions. En effet, l'insertion proximale sur les dernières côtes et la xiphoïde est trois fois plus large que l'insertion distale, pubienne. Il est donc aisé de comprendre l'importance de la concentration de forces de traction sur cette dernière, ce qui contribue à augmenter la fréquence des lésions proches de l'insertion distale [22]. Les insertions distales principales du GD se font via un tendon médial sur le ligament pubien antérieur et via un tendon latéral sur la crête et sur le tubercule pubien. Ce muscle pair permet la flexion du tronc, le tonus abdominal antérieur et agit comme antagoniste du diaphragme [42]. On notera également la présence d'un muscle pyramidal, accessoire et inconstant s'insérant sur la ligne blanche et la portion antéro-supérieure du corps du pubis [43].

Les muscles adducteurs, et en particulier le LA agissent principalement lors de l'adduction. Ils agissent également comme agonistes des rotateurs externes et des flechisseurs de cuisse dans la stabilisation pelvienne lors de la marche [36]. Le LA est le plus antérieur des trois adducteurs. Il se situe en arrière du muscle pectiné. Son insertion se situe sur la

surface angulaire du corps du pubis et sur le tubercule pubien, en caudal de la crête pubienne. Les lésions les plus fréquentes se situent au sein des 2 à 4 cm de la jonction myotendineuse proximale[6], et plus souvent encore dans sa partie antérieure du fait de son caractère plus développé [6][36]. Une surface de section moyenne du tendon plus fine de 30% qu'au niveau de son insertion, la présence d'attaches musculaires directes (en profondeur) ainsi que la faible vascularisation de la jonction myotendineuse proximale (diminuant les capacités intrinsèques de cicatrisation) ont également été proposées comme facteurs contributifs [44].

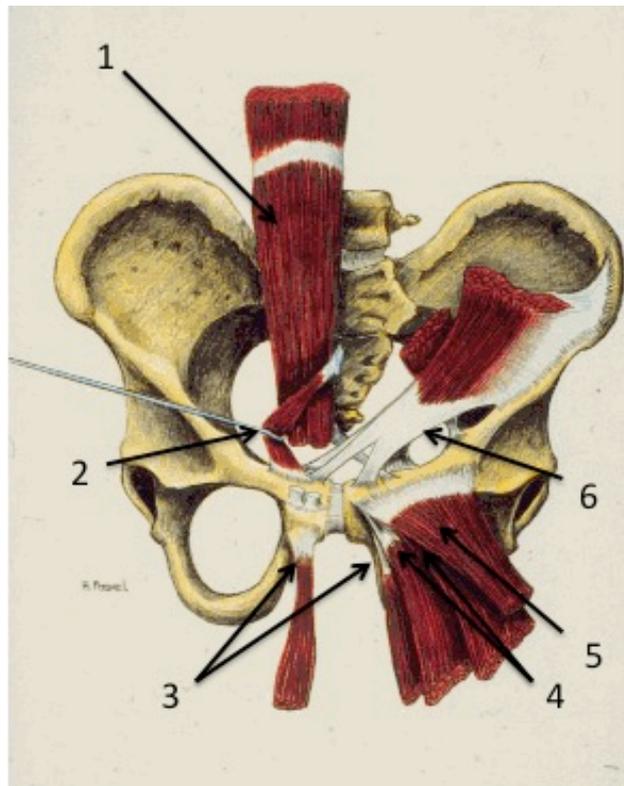


Figure 2 : Représentation schématique des insertions musculo-tendineuses sur la symphyse pubienne avec 1 : muscle GD droit, 2 : muscle pyramidal (accessoire, inconstant) récliné, 3 : muscles graciles (droit et gauche), 4 : muscles LA en ventral et court adducteur en dorsal, 5 : muscle pectiné et 6 : insertions aponévrotiques de l'oblique externe avec son dédoublement.

Source : Thèse de médecine, A. BERGER, n°10157, université de Genève

I.1.3. Anatomie descriptive de la région inguinale.

La région inguinale constitue la portion inféro-externe de la paroi abdominale. Ses limites anatomiques sont représentées par :

- en médial le bord latéral du muscle GD,
- en latéral les muscles larges (obliques interne et externe, muscle transverse),
- en caudal le fascia transversalis et l'arcade crurale ou ligament inguinal,
- en cranial les muscles oblique interne et transverse qui se réunissent dans leur portion inféro-interne en un Tendon Conjoint (TC). Il conviendra de noter que l'oblique interne étend ses fibres autour du cordon spermatique pour former le muscle crémaster.

Cette région est traversée d'un canal, grossièrement cylindrique avec deux orifices, orienté en caudal et en médial, ménagé entre ses différents constituants appelé Canal Inguinal (CI) [16].

Ce canal laisse passer, chez l'homme, le cordon spermatique et chez la femme le ligament rond de l'utérus. Il contient également les nerfs ilio-inguinal, ilio-hypogastrique et génito-fémoral (sous l'aponévrose de l'oblique externe, en avant du plan musculaire) dont l'intérêt en pathologie et surtout sur le plan thérapeutique est discuté [16][45].

Si l'on considère le CI il convient de lui décrire également deux parois supplémentaires et de préciser ses orifices :

- Une paroi ventrale que constitue l'aponévrose de l'oblique externe qui se dédouble pour former un pilier médial et latéral qui constituent l'anneau inguinal ou orifice superficiel.
- Une paroi dorsale que constitue le Fascia Transversalis (FT) (au contact du péritoine), le pilier médial de l'aponévrose de l'oblique externe, le tendon conjoint ainsi que des ligaments de Henlé, de Colles et de Hesselbach. L'orifice profond du canal se situe en externe, en dehors des vaisseaux épigastriques inférieurs

L'ensemble de ces éléments constitutifs des parois est résumé dans la figure 3 et replacés dans leur contexte anatomique dans la figure 4 :

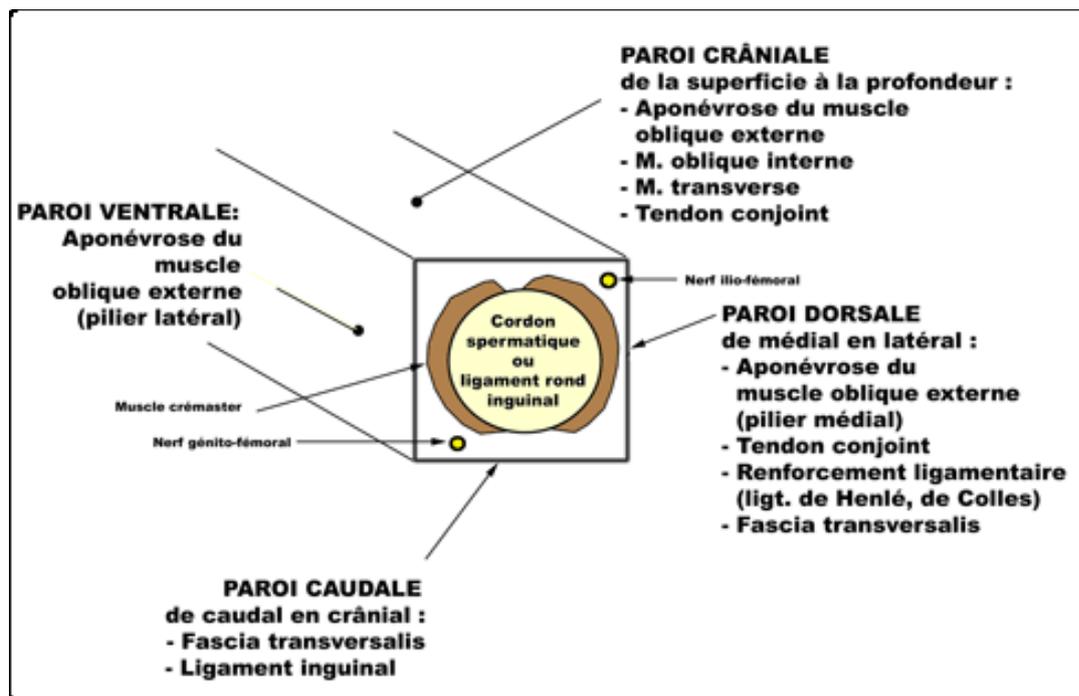


Figure 3 : Représentation schématique des parois du canal inguinal.

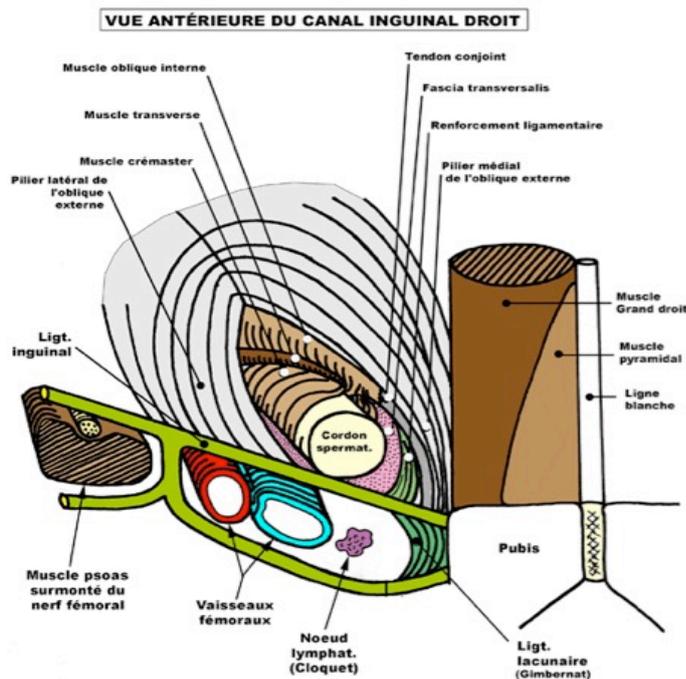


Figure 4 : Représentation schématique de l'anatomie du Canal Inguinal avec la paroi médiale de la région inguinale (muscle GD), la limite inférieure (Ligament Inguinal ou arcade crurale) et les différentes composantes des parois supérieure, latérale, ventral et dorsale.

Sources des figures 3 et 4 : , avec l'aimable autorisation du Dr. Daniel LEFEBVRE, anatomiste de la faculté de Toulouse Purpan.

I.2. Nomenclature, physiopathologie de la PCS, diagnostic clinique, imagerie et traitement

I.2.1. Nomenclature

L'abondance des termes utilisés pour définir une PCS est proportionnelle à l'abondance de la littérature sur le sujet. Ainsi il existe une quinzaine de termes utilisés dans la plupart des publications sur le sujet parmi lesquels on trouve : la « pubalgie du sportif », l'« ébauche de hernie », l'« aine de Gilmore », la « tendinite ou tendinopathie des adducteurs ou de l'iliopsoas », la « douleur inguinale du sportif », la « surcharge biomécanique inguinale », le « dérangement inguinal », le « syndrome du gardien de hockey », l'« aine du joueur de hockey », l'« ostéite pubienne », l'« aine du sport », l'« aine du sportif », la « hernie du sport » et la « hernie du sportif ».

Deux conférences de consensus récentes se sont attachées à essayer de préciser une nomenclature simple adaptée à la PCS [9][10].

- La première a choisi le terme de syndrome de Dérangement Inguinal du fait de sa « meilleure précision en rapport à la description des phénomènes physiopathologique sous-jacents ». Ceux-ci incluent donc une tension élevée dans la région inguinale en rapport avec l'importance des forces de « torsion, rotation, sprint et frappe » que les athlètes subissent lors de leur pratique [9].
- La seconde a choisi de ne pas recommander de terminologie particulière compte-tenu du manque de spécificité induit par l'importante variété des conceptions

physiopathologiques sous-jacentes, ce qui semblait être à l'origine de nombreuses imprécisions sémantiques [10].

I.2.2. Physiopathologie

De façon schématique, la PCS peut être divisée en un triptyque physiopathologique avec, pour chaque élément, des caractéristiques bien décrites et distinctes en imagerie. Ces trois éléments constituent les trois formes principales de PCS :

- la forme ostéo-articulaire par ostéo-arthropathie de symphyse pubienne ou symphysite pubienne, définie comme des lésions d'hypersollicitation de la symphyse et des structures osseuses para-symphysaires, révélée par des signes radiographiques à type de remaniements des berges avec ou sans œdème inflammatoire, associés à des anomalies des attaches capsulaires et des structures apparentées [26].
- la forme musculo-tendineuse, essentiellement par tendinopathie des LA et GD, principalement liée à une hypersollicitation tendineuse, particulièrement du LA, avec de multiples signes échographiques et IRM, la plupart du temps en projection de la jonction myo-tendineuse proximale (du simple épaissement avec hypersignal non liquidien jusqu'à l'authentique désinsertion myo-tendineuse) [37].
- la forme pariétale par déhiscence du canal ou insuffisance inguinale due à une faiblesse du mur postérieur conduisant à une ébauche de hernie, ou encore du mur antérieur avec bombement du fascia transversalis. Ces derniers éléments étant décrits principalement lors de manœuvres de Valsalva. Une participation des branches du nerf ilio-hypogastrique lors de leur passage au travers du canal inguinal est également évoquée [22].

I.2.3. Examen clinique

L'examen clinique de la PCS est difficile de par sa situation de carrefour et de l'extrême variété des éléments anatomiques pouvant être en cause. Le but de cet examen clinique est de tenter d'identifier l'origine d'une PCS. Dans l'examen global, on retiendra le test de Flexion Abduction and External Rotation (FABER) avec pour but d'éliminer une origine articulaire à une PCS [46]. L'examen clinique de la symphyse est assez pauvre avec notamment une sensibilité à la palpation de l'articulation symphysaire [10]. Pour l'exploration des adducteurs, la palpation semble avoir la meilleure VPN (91 – 96%, (IC₉₅ = 69 – 99%). Les tests spécifiques des adducteurs comme les squeeze tests, l'adduction contre résistance et l'étirement passif ont montré une bonne probabilité d'être corrélés à un aspect pathologique en IRM (80 – 81% (IC₉₅ = 63% – 91%). Pour l'examen de la région inguinale, la présence d'une douleur locale associée à une sensibilité palpatoire du canal inguinal sans hernie associée semble faire consensus [10].

Au total, cinq signes cliniques principaux ont été décrits, dont trois étaient requis pour que le diagnostic de PCS puisse être évoqué :

- 1) Capacité à établir un point douloureux exquis à l'insertion pubienne du tendon conjoint,

- 2) Présence d'une sensibilité à la palpation de l'orifice ou anneau inguinal profond,
- 3) Présence d'une douleur et/ou d'une dilatation de l'orifice inguinal superficiel sans hernie évidente,
- 4) Douleur à l'insertion du tendon long adducteur, et
- 5) Douleur inguinale sourde, diffuse irradiant souvent vers la région périnéale et la face interne de cuisse ou vers la ligne médiane.

Cette conception clinique est depuis admise dans les travaux de publications sur le sujet [9][47]. Cependant, cette sémiologie clinique souffre d'un manque de spécificité important et n'a pas été suffisamment évaluée [8][48][13][10].

Le recours à l'imagerie est alors recommandé pour tous les patients souffrant de PCS [9].

I.2.4. Imagerie

I.2.4.1 Radiographie conventionnelle

La radiographie conventionnelle fut historiquement, et est encore aujourd'hui, la technique d'imagerie de première intention dans le diagnostic des différentes formes de PCS [26]. Cet examen de débrouillage permet, avant tout, de rechercher des arguments en faveur d'un diagnostic différentiel dans le cadre de douleurs inguinales. Ainsi on peut, grâce à l'utilisation d'incidences spécifiques (Dunn), rechercher d'éventuels arguments en faveur d'un Conflit Fémoro-Acétabulaire (CFA). L'intérêt de l'étude du pelvis par radiographies conventionnelles réside également dans l'étude de la morphologie statique et dynamique de la symphyse pubienne. L'étude statique par clichés antéro-postérieurs cherche mettre en évidence la présence de remaniements structuraux chroniques en rapport avec des lésions d'ostéoarthropathie symphysaire : sclérose sous-chondrale des berges, érosions et élargissement ou rétrécissement de l'espace articulaire, malgré leur forte prévalence (45 - 81%) chez les athlètes asymptomatiques ou pauci-symptomatiques [49][50]. L'étude dynamique, plus pertinente, cherche à mettre en évidence la présence de signes d'instabilité pubienne avec essentiellement une subluxation des berges symphysaires de plus de 2 mm de hauteur sur l'incidence de Flamingo (patient sur un pied), considérée comme pathognomonique si présente [51]. Enfin, et de façon plus anecdotique, l'étude radiographique de la symphyse pubienne peut permettre la recherche de calcifications tendineuses, en particulier dans les tendons adducteurs [52].

I.2.4.2 Echographie

L'échographie constitue, en plus de son caractère non irradiant, un apport considérable dans les formes de DI d'origine musculo-tendineuse afin de diagnostiquer les lésions des tendons des muscles GD et LA majoritairement, où l'on peut mettre en évidence la sémiologie classique des éléments d'une tendinopathie chronique : épaissement, fissure, présence de calcifications et rupture myo-tendineuse [23][40].

Toutefois, une étude en cours de publication a mis en évidence une prévalence de 100% d'anomalies morphologiques du tendon LA chez des footballeurs asymptomatiques. Ces anomalies étaient majoritairement une hypoéchogénicité tendineuse anormale (97%), une

perte de l'architecture fibrillaire (93%), des irrégularités péri-tendineuses (63%), la présence de calcifications (13%) et des érosions corticales à l'enthèse tendineuse (80%), par contre, aucune fissure tendineuse n'était rapportée [Bise et al. 2017, under review].

Celle-ci prend néanmoins tout son intérêt dans le diagnostic des formes pariétales abdominales du fait de son caractère dynamique, notamment grâce à la manœuvre de Valsalva (en poussée abdominale) permettant, outre le diagnostic des authentiques hernies inguinales et crurales, de démasquer des formes d'insuffisance pariétale naissantes (essentiellement grâce à un bombement du fascia transversalis), sans hernie extériorisée [53][9][54][55]. De façon plus précise, un bombement convexe et douloureux du fascia transversalis peut être retrouvé [56]. La dilatation de l'orifice inguinal profond peut être étudiée en échographie dynamique et une mesure de 2 cm a été rapportée comme significative [45]. Une étude récente a trouvé une sensibilité et un spécificité de l'échographie respectivement de 95,4 et 100 % pour la détection des hernies du sportif dans une large population de patients opérés, avec une VPP et une VPN de respectivement 100% et 99,4% [57].

Son utilité se justifie également par l'intérêt grandissant pour les thérapeutiques percutanées sous guidage échographique, nous y reviendrons plus loin.

I.2.4.3 Imagerie par Résonance Magnétique

L'IRM, également non irradiante, présente un intérêt global dans le bilan de la PCS de par sa capacité à éliminer un grand nombre de diagnostics différentiels et grâce à ses excellentes performances dans le diagnostic positif des formes principales de pubalgie [22][21][34]. Ainsi, en comparaison à la chirurgie, les sensibilité et la spécificité de l'IRM dans le diagnostic des pubalgies de forme musculo-tendineuse étaient respectivement de 86% et 89% [21]. Dans une étude plus récente, la concordance de l'IRM avec la chirurgie a été évaluée à 100% dans le diagnostic des lésions du tendon adducteur et 73% dans le diagnostic des lésions pariétales [20].

Les principales lésions que l'on peut rencontrer en IRM sont dépendantes de la forme de PCS dont sont atteints nos patients :

- 1) *Dans la forme ostéo-articulaire par atteinte de la symphyse pubienne* : Recherche d'un œdème en miroir, symétrique, autour des berges symphysaires traduisant une symphysite active (« *osteitis pubis* ») avec une augmentation du signal en pondération T2 et baisse de celui-ci en T1 ; la présence d'un signe de la « fente secondaire » défini par un élément linéaire de signal liquidien dans la portion inféro-latérale de la capsule articulaire, en continuité avec la fente primaire, centrale, physiologique. Cette fente primaire était définie comme un espace articulaire central, virtuel, confiné entre les limites supérieures et inférieures de l'articulation symphysaire [28]. L'examen doit également rechercher la présence d'une lésion des ligaments pubiens supérieurs, postérieurs et inférieurs traduite par un épaississement et une tuméfaction inflammatoire (augmentation du signal T1 et T2).
- 2) *Dans la forme musculo-tendineuses* : Recherche d'une enthésopathie (décrite également sous le terme d'hyperémie tendineuse proximale), définie comme une augmentation du signal tendineux en T1 et T2 avec des modifications de l'aspect de ses insertions osseuses ; recherche d'une fissure tendineuse définie comme un

élément linéaire de signal liquidien, intra-tendineux ; recherche d'un œdème osseux par traction défini par la présence d'un hypersignal T2, hyposignal T1 unilatéral (ou asymétrique en cas de symphysite active associée), centré sur l'insertion des tendons adducteurs ou grands droits ; recherche d'un épaissement tendineux (fibrose) et de la présence de calcifications intra-tendineuses définies par la présence d'élément(s) de signal très bas sur l'ensemble des pondérations [20][22].

- 3) *Dans la forme pariétale* : Présence ou absence de hernie inguinale ou fémorale ; recherche d'une asymétrie de calibre des orifices inguinaux superficiel et/ou profond, recherche d'une atrophie des GD (diminution de largeur ou d'épaisseur par rapport au côté controlatéral, involution adipeuse) ; recherche d'un bombement du fascia transversalis [58].

I.2.4.4 Autres modalités

- Quelques études se sont intéressées à l'intérêt de l'arthrographie symphysaire (ou « symphysographie » pubienne) par injection intra-articulaire de produit de contraste iodé. La première description est la fente primaire (opacification physiologique d'un espace au sein du fibrocartilage symphysaire) qui peut s'associer à un premier aspect pathologique : la fente secondaire. Celle-ci est décrite comme une suffusion de produit de contraste à la partie inféro-latérale de l'articulation symphysaire. Elle résulterait de l'extension aponévrotique et capsulaire des forces de traction excessives imposées à la symphyse par les tendons adducteurs et des muscles GD, et probablement le tendon conjoint [28]. L'existence d'une fente supérieure a également été décrite. Il s'agit d'une fente additionnelle, plus haut située, parallèle à la marge inférieure de la branche pubienne supérieure. Elle serait la résultante de dégâts capsulaires causés non pas par les adducteurs mais par les forces de traction vers le haut provenant des muscles GD [29][21].
- La herniographie est une technique invasive peu pratiquée qui consiste en une injection de produit de contraste iodé dans la cavité péritonéale. Le but étant de mettre en évidence une anomalie ou une asymétrie des contours de la cavité péritonéale, en particulier en regard des sites herniaires habituels, grâce à l'acquisition d'images fluoroscopiques pendant que le patient effectue des manœuvres de valsalva. Le taux de complications de cette méthode oscille entre 3 et 6% ce qui en fait un outil diagnostique inapproprié en pratique courante [59].
- L'étude scintigraphique de la symphyse pubienne est classiquement réalisée à l'aide d'une gamma caméra et de l'injection d'un marqueur spécifique du tissu osseux, le technétium 99m ou ^{99m}Tc à la dose de 200 mCi/Kg pour un adulte. Les clichés sont acquis 3 heures après injection et vidange vésicale complète préalable. Celle-ci met en évidence en cas d'atteinte ostéo-articulaire une hypercaptation du traceur traduite par une hyperfixation [60]. Cet examen sensible est bien corrélé aux changements de morphologie et surtout de signal mis en évidence en IRM, il ne fait cependant plus partie des recommandations actuelles dans le diagnostic de PCS [9].

I.2.5. Traitement

Les modalités de traitement sont variées et évidemment fonction du sous-type physiopathologique sous-jacent à chaque pubalgie.

Nous séparerons ces modalités en traitement conservateur et traitement chirurgical.

I.2.5.1 Traitement conservateur

Les sportifs souffrant de PCS doivent bénéficier en premier lieu d'un traitement dit conservateur par un médecin du sport spécialisé dans la prise en charge de ce type de pathologie, avec pour objectif de restaurer une bonne statique pelvienne, pendant une durée de trois à six mois avant de pouvoir parler de PCS réfractaire en cas d'échec [61][62][1].

Ce traitement conservateur consiste en une rééducation sportive active et le recours à la physiothérapie.

Il mise sur une prise en charge de la douleur mais surtout sur la restauration d'une bonne stabilité pelvienne d'un point de vue dynamique, et donc d'une bonne capacité de transfert des contraintes subies par le pelvis vers les articulations. Pour ce faire, l'harmonisation mutuelle des systèmes actifs neuro-musculaires et passifs ostéoarticulaires est essentielle. Ce dernier fait est bien connu dans la prise en charge des troubles posturaux rachidiens [63].

Dans la prise en charge des pubalgies d'origine musculo-tendineuse, et donc en particulier par atteinte des adducteurs, de bons résultats ont été obtenus en terme de temps avant retour sur le terrain, par rapport à la chirurgie, chez des sportifs bénéficiant d'un traitement par anti-inflammatoires, électrostimulation, exercices dynamiques, renforcement musculaire et ondes de choc [64].

Dans la prise en charge des PCS d'origine pariétale, le renforcement de la sangle abdominale est une option intéressante en privilégiant un travail isométrique, puis en introduisant progressivement un travail dynamique d'abord concentrique, puis excentrique. La statique pelvienne est ensuite améliorée par renforcement des muscles spinaux luttant contre la bascule antérieure du bassin [1].

A la frontière entre traitement conservateur et chirurgical, il convient de noter la présence de thérapies percutanées, essentiellement sous guidage échographique et majoritairement dans le traitement des formes musculo-tendineuses. Celles-ci comprennent les injections percutanées de cortico-stéroïdes et plus récemment de PRP. Dans une étude incluant des patients présentant une variété de formes de tendinopathie parmi lesquelles on retrouvait 25% de tendinopathies du LA, il a été mis en évidence une diminution significative des scores d'évaluation fonctionnelle (WOMAC) dès la 6^{ème} semaine du début du traitement, se poursuivant à long terme ($p < 0,001$) avec un taux de satisfaction des patients à long terme évalué à 89% [65].

Une autre alternative thérapeutique est l'Electrolyse Percutanée Intratissulaire (EPI®) dans le traitement de l'enthésopathie du long adducteur avec néanmoins des résultats peu significatifs [66].

I.2.5.2 Traitement chirurgical

Le traitement chirurgical de la PCS concerne très largement les formes pariétales mais aussi les formes musculo-tendineuses et de façon nettement plus anecdotique les formes ostéo-articulaires.

I.2.5.2.1. Formes ostéo-articulaires

Quelques techniques ont été décrites dans des petites séries comme le forage de symphyse pubienne ou l'arthrodèse. Ces techniques semblent désormais abandonnées [16].

Plus récemment on peut mentionner le curettage symphysaire arthroscopique avec des résultats peu clairs car étudié en association à une chirurgie de conflit fémoro-acétabulaire [67][68].

I.2.5.2.2. Formes musculo-tendineuses

Ici, le traitement vise à relâcher une tension excessive en rapport avec des forces vectoriellement opposées imposées par l'action des GD, des obliques et du LA.

On décrit donc des techniques de ténotomie en cas de PCS réfractaire (comme décrit plus haut), seules ou en association avec un geste de réparation pariétale. Certains auteurs recommandent la réalisation systématique des deux gestes, avec ou sans atteinte tendineuse en IRM [58]. D'autres séries décrivent l'intérêt du geste, seul ou en association avec une plastie pariétale. L'étude de Mei-Dan et al. intéressait 155 footballeurs amateurs n'a pas mis en évidence de différence significative entre le groupe ténotomie seule et le groupe ayant reçu un traitement combiné (plastie – ténotomie), en particulier sur le critère de délai de retour sur le terrain [69].

Une première technique consiste en une mise à nu première du fascia adducteur, puis le tendon long adducteur est exposé et l'on peut apprécier la présence de lésions de celui-ci (épaississement fibreux, enthésopathie, fissure, calcifications). Le geste de ténotomie est ensuite réalisé superficiellement, à 1 – 2 cm de son insertion sur le tubercule pubien, par une section intéressant la portion tendineuse, superficielle, en respectant la portion musculaire, profonde [70][41].

D'autres auteurs recommandent une ténotomie percutanée immédiatement sous l'insertion pubienne du LA [71][72].

Enfin il convient de mentionner la technique de débridement arthroscopique du tendon adducteur, mal documentée en termes de résultats post-opératoires [73].

I.2.5.2.3. Formes pariétales

Concernant les formes pariétales, le but de toutes les techniques est de relâcher la tension excessive à l'œuvre dans le canal inguinal et de réparer une éventuelle faiblesse du mur postérieur à l'aide d'une plastie pariétale par plaque grillagée [9].

Il n'a pas été mis en évidence, à notre connaissance, de supériorité d'une technique par rapport aux autres qu'elle soit ouverte ou laparoscopique bien que la tendance actuelle aille

vers les techniques minimalement invasives (laparoscopiques) type TransAbdominal Pre-Peritoneal mesh repair (TAPP) ou Totaly Extra-Peritoneal repair (TEP) [9][74][75].

Quoi qu'il en soit, les techniques les plus évaluées sont celles qui furent choisies pour notre étude : nos malades ont bénéficié soit de la technique de Shouldice, soit de la technique de Muschaweck (ou « minimal repair ») :

- *La technique de Shouldice* est une herniorraphie basée sur une réparation par suture. Elle consiste en une reconstruction du fascia transversalis à l'aide d'une suture Prolène quadri-couche associée à un abaissement du tendon conjoint [16].

Celle-ci commençait par une dissection précise jusqu'à la paroi postérieure du canal inguinal. On analysait donc l'aponévrose de l'oblique externe, l'orifice externe du canal puis on repérait le trajet du nerf ilio-inguinal (trans-aponévrotique ou au sein du canal inguinal). Sous l'aponévrose étaient ensuite repérés le nerf ilio-hypogastrique et la portion plus proximale du nerf ilio-inguinal. Ces nerfs étaient préservés. Le geste se poursuivait par une dissection du cordon spermatique (ou du ligament rond). Ensuite une section des muscles crémastrs (prolongement péri-cordonal du muscle oblique interne) était pratiquée. Les vaisseaux funiculaires (branches cordonales des épigastriques) étaient ligaturés (avec dans 40% des cas une ligature du nerf génito-crural qui les accompagne). On dégagait ensuite l'insertion du tendon conjoint sur le bord externe de la gaine des GD et sur le pubis. Celui-ci pouvant ne pas exister (insertion séparée des fibres aponévrotiques de l'oblique interne et du muscle transverse), ce qui était à l'origine d'une faiblesse constitutionnelle du fascia transversalis par augmentation de son exposition. Ce dernier était alors dégagé et la présence d'un orifice anormal ou d'un bombement focal était objectivée. L'analyse du cordon recherchait la présence d'une hernie en son sein, d'une persistance du canal péritonéo-vaginal ou d'un lipome qui étaient traités le cas échéant. S'ensuivait une analyse de l'orifice interne (limité en dedans par les vaisseaux épigastriques inférieurs et en dehors par l'insertion de l'oblique interne sur l'arcade crurale), bien que très rarement atteint chez le sujet jeune. S'ensuivait le temps de traitement proprement dit, avec réparation pariétale en quatre épaisseurs par suture « en paletot » du fascia transversalis avec abaissement du tendon conjoint jusqu'à l'arcade crurale et suture [16][5].

- *La technique de Muschaweck* différait sensiblement de la technique précédente. La dissection des différents plans était similaire. La plastie ou réparation pariétale se limitait par contre au renforcement du fascia transversalis (également en paletot) associée à la réalisation d'un point entre l'insertion du GD et l'arcade crurale. S'ensuivait un cravatage protecteur du cordon par le crémaster. Il n'était par contre pas pratiqué d'abaissement du tendon conjoint à l'arcade, différence principale avec la technique de Shouldice [16][45].

II. ETUDE SCIENTIFIQUE

II.1. TITLE PAGE

MRI in chronic groin pain: Sequences diagnostic reliability compared to systematic surgical assessment.

DUCOURET Emmanuel M.D.¹; REBOUL Gilles M.D.²; DALMAY François BSc, PhD³; IOSIF Christina M.D., PhD^{4,5}; MOUNAYER Charbel M.D., PhD⁶; PESQUER Lionel M.D.⁷; DALLAUDIERE Benjamin M.D., PhD^{7,8,9}.

¹: Département de Radiologie, Centre Hospitalier Universitaire Dupuytren, 2 Avenue Martin Luther King 87042 Limoges, France.

²: Service de Chirurgie Pariétale, Clinique du Sport de Bordeaux-Mérignac, 2 rue Georges Négrevergne, 33700 Mérignac, France.

³: CEBIMER, Centre Hospitalier Universitaire Dupuytren, 2 Avenue Martin Luther King 87042 Limoges, France.

⁴: CHU Jean Minjoz, Besançon, France

⁵: BioEM, CNRS, UMR 7252, Université de Limoges, France

⁶: Département de Neuroradiologie Interventionnelle, Centre Hospitalier Universitaire Dupuytren, 2 Avenue Martin Luther King 87042 Limoges, France.

⁷: Centre d'imagerie ostéoarticulaire, Clinique du Sport, Bordeaux Mérignac, 2, rue Georges-Négrevergne, 33700 Mérignac, France.

⁸: Centre Hospitalier Universitaire Pellegrin, Service de radiologie, département d'imagerie musculo-squelettique, place Amélie-Léon-Rabat, 33000 Bordeaux, France.

⁹: Centre de Résonance Magnétique des Systèmes Biologiques, UMR 5536, CNRS. Université de Bordeaux, 146 rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux, France.

Corresponding Author: DUCOURET Emmanuel MD

Email: emmanuel.ducouret@hotmail.com

Tel: 0033 6 71 07 19 47

II.2. ABSTRACT

OBJECTIVE. To determine the diagnostic reliability of Magnetic Resonance Imaging (MRI) sequences in Chronic Groin Pain (CGP), with surgery as gold standard and try to propose a suitable MRI protocol.

MATERIALS AND METHODS. Forty-three consecutive patients with resistant clinical CGP underwent a pre surgical pelvis MRI. Eight MRI sequences were acquired: axial Fast Spin-Echo T1-weighted (FSE T1), coronal FSE T1, axial-oblique (in symphysis plane) Proton Density weighted with Fat Saturation (PDFS), coronal PDFS, sagittal PDFS, axial FSE T1 with Fat Saturation and Gadolinium Enhancement (FSGE), coronal FSE T1 FSGE, axial FSE T1 with Valsalva Maneuver (VM). These sequences were reviewed for pubic symphysis assessment, Adductor Longus (AL) tendon and Abdominal Wall (AW) injuries. The same surgeon operated all these patients (26 AL and 49 AW). Sensitivity (Se), Specificity (Sp), Positive Predictive Value (PPV), Negative Prospective Value (NPV) and accuracy of each sequence and combinations for AL or AW injuries were calculated in comparison to surgical findings.

RESULTS. One hundred ninety two sequences were obtained. Coronal T1 FSGE and axial T1 VM were proved to be the most single reliable sequences (Acc: 91.67% in AL and 83.33% in AW). Best sequences combination was coronal T1 with axial PDFS, sagittal PDFS and axial T1 VM (Accuracy: 77.78% (Se: 100.00%, Sp: 69.23%, PPV: 55.56%, NPV: 100.00%, duration: 10 minutes 36 seconds).

CONCLUSION. According to our results, we propose 4 sequences as a reliable simplified pelvis MRI protocol for CGP: coronal T1 – axial PDFS – sagittal PDFS – axial T1 VM, with a reasonable time length.

II.3. MRI IN CHRONIC GROIN PAIN: SEQUENCES DIAGNOSTIC RELIABILITY COMPARED TO SYSTEMATIC SURGICAL ASSESSMENT.

II.3.1. Introduction

Chronic Groin Pain (CGP) is a common issue reaching an incidence of 2 to 6.2% in sports, concerning mainly high performance athletes (1)(2). Some sports with professional practicing are more prone to this pathology, such as soccer, rugby and ice hockey (accounting for 10% of all injuries in professional players) (3)(4). The sex ratio is highly marked in favor of men with a relative risk of 2.5 when practicing the same sport with pelvic anatomical differences as possible explanations (5)(6).

On one hand, 4 clinical entities, often combined and concerning complex anatomic structures were recently retained as pubic-related, adductor-related, inguinal-related (with or without Rectus Abdominis (RA) injuries), and iliopsoas-related groin pain in CGP (7). On the other hand, numerous authors consider only 3 clinical entities such as Pubic Symphysis (PS), Adductor Longus (AL), or Abdominal Wall (AW) injuries when talking about CGP: we share that point of view (8)(9)(10)(11). Treatments modalities depend on the basis of the specific structures involved. Thus, providing accurate diagnosis of the precise underlying pathologies is critical in order to propose a suitable therapeutic approach (12)(13)(14)(15).

As clinical examination of CGP is challenging due to the multitude of involved entities and their frequent entanglement, recent studies and two consensus conferences highlighted the significant role of imaging assessment in CGP management (16)(15)(17)(18)(7). Now, the main diagnostic imaging tools are Ultrasounds (US) with a good reliability for abdominal wall (AW) assessment (real-time dynamic examination ability) and Magnetic Resonance Imaging (MRI) that suffers less from inter-observer lack of reproducibility (2)(9). Recent series have shown a very good correlation between MRI and surgical findings, when CGP involved AL tendinopathy and deep inguinal canal dehiscence (10). Nevertheless, the clinical relevance of imaging for treatment and prognosis is thought to remain unclear, mostly because of the lack of well-defined clinical labels and the high prevalence of abnormalities found in asymptomatic patients (8)(19)(10)(18)(7).

In the published literature, the main biases in MRI assessment are related to small populations, various imaging protocols on various MR scanners, various surgeons and the lack of surgical systematic correlation (20)(9)(21)(22)(23).

A recent series proposed a standardized protocol to assess the pubic symphysis and adductors locations in athletes using an intra and inter-observer reliability of 8 sequences, without comparison to surgery (24). To the best of our knowledge, no study has previously focused on the reliability of each MRI sequence as compared to surgical assessment.

Therefore, our first objective was to evaluate the diagnostic value of eight MRI sequences (single and in combination) in CGP diagnosis, considering AL and AW injury with systematic comparison to surgery as gold standard. Our second objective was then to try to propose an optimal MRI protocol (within a reasonable time length).

II.3.2. Materials and methods

Patient population

We conducted a single center retrospective study on 43 consecutive patients (42 men and 1 woman) from April 2011 to October 2014. All patients were referred to our imaging department by the same surgeon (GR) specialized in CGP surgery for pre surgical MRI of the pelvis: 22 patients presented with left side pain, 8 with right side pain and 12 complained of bilateral pain (n = 43). The mean age of the study patients was 29.8 years old (range: 11.3 years).

Inclusion criteria were symptomatic clinical CGP resistant to previous well-conducted medical treatment. Chronic pain was defined by GP for more than 3 months. Mean pain duration before MRI was 5.2 months (\pm 0.3 months). Medical treatment included analgesic and physiologic eccentric exercises. Exclusion criteria included contraindication to MRI, age under 18 years old and previous pubis surgery.

All Patients gave their informed consent. The study was approved by our local ethic board ("Comité de Protection des Personnes": CPP SOOM III, registration number DC 2015/109).

MRI protocol

All patients underwent a pelvis MRI. All MR images were obtained using the same 1.5-Tesla MR scanner (Twin Speed HDX: *General Electrics (GE)*® Healthcare) with a cardiac coil (32 elements, 16 channels). The following sequences were performed:

- Axial Fast Spin-Echo T1-weighted (FSE T1) (TR/TE: 568/min full ms, FOV 36cm, matrix: 640X384, 16 slices). Slice thickness: 4.5 mm, number of excitations: 2, intersection gap: 1 mm, length: 1.55 min.
- Coronal FSE T1 (TR/TE: 724/ min full ms, FOV 38cm, matrix: 512X320, 20 slices). Slice thickness: 3.5 mm, number of excitations: 3, intersection gap: 1 mm, length: 2,29 min.
- Axial-oblique (in symphysic plane) Proton Density weighted with Fat Saturation (PDFS) (TR/TE: 2465/58 ms, FOV 26cm, matrix: 416X288, 15 slices). Slice thickness: 3.5 mm, number of excitations: 6, intersection gap: 0.7 mm, length: 2,36 min.
- Coronal PDFS (TR/TE: 3511/38 ms, FOV 38cm, matrix: 512X320, 20 slices). Slice thickness: 4 mm, number of excitations: 4, intersection gap: 1 mm, length: 2,42 min.
- Sagittal PDFS (TR/TE: 1954/49 ms, FOV 48cm, matrix: 384X288, 13 slices). Slice thickness: 4 mm, number of excitations: 5, intersection gap: 1 mm, length: 3,36 min.
- Axial FSE T1 with Fat Saturation and Gadolinium Enhancement (FSGE) (TR/TE: 506/min full ms, FOV 36cm, matrix: 512X320, 16 slices). Slice thickness: 4.5 mm, number of excitations: 2, intersection gap: 1 mm, length: 1,42 min.
- Coronal FSE T1 FSGE (TR/TE: 732/min full ms, FOV 38cm, matrix: 512X320, 20 slices). Slice thickness: 4 mm, number of excitations: 2, intersection gap: 1 mm, length: 2,12 min.
- Axial FSE T1 with Valsalva Maneuver (VM) in dubious cases in order to sensitize parietal insufficiency detectability (TR/TE: 568/min full ms, FOV 36cm, matrix:

640X384, 16 slices). Slice thickness: 4.5 mm, number of excitations: 2, intersection gap: 1 mm, length: 1.55 min.

MRI analysis

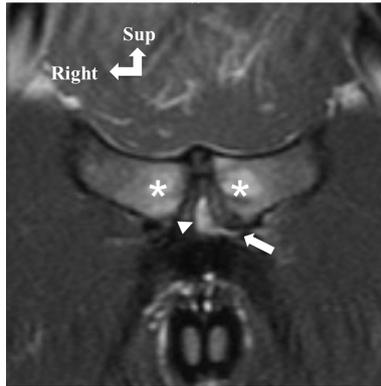
Each MRI sequence was assessed by a musculoskeletal (MSK) radiologist (ED: 1 year MSK experience, after CGP MRI training on not included patients with a senior MSK radiologist (BD: 6 years post residency experience)), blinded to patients identity and all clinical information apart from the pain side. MRI imaging reports and other imaging exams (US or plain films) were not reviewed. A delay of at least 3 weeks has been observed between each sequence interpretation.

All images were analyzed using the same GE® Advantage Workstation 4.5.

MRI images were reviewed for:

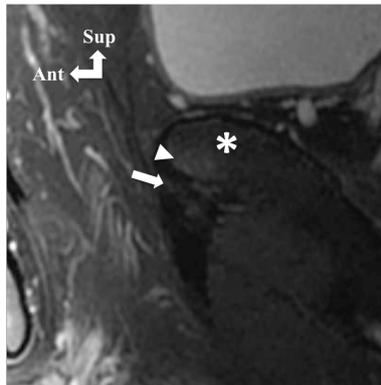
- *PS assessment:* symmetric bone marrow edema around the PS defining the active osteitis pubis with an increased signal in PDFS and T1 with GE or decreased signal in T1 sequences; secondary cleft defined by a linear fluid signal intensity in the infero-lateral articular capsule, continuous with the physiologic central cleft (9). The physiologic central cleft was defined as a midline potential space confined within the superior and inferior margins of the joint (25). Then we looked forward to find a superior ligament lesion with an inflammatory aspect and thickening (10).
- *AL assessment:* enthesopathy (also called tendon hyperemia) defined as an increased signal in PDFS or T1 sequences (with or without GE) with bone insertion changes; tendon tear defined by a linear fluid signal intensity in the tendon; traction bone marrow edema defined as a unilateral or asymmetric bone marrow high signal intensity in PDFS and T1 with GE and low signal in T1 sequences, centered on AD or RA tendon insertion; tendon thickening defined by a 1 mm thickness increase in comparison to contralateral side. The AL tendon thickness was measured at 5 mm of the myo-tendinous junction. Calcifications were defined by a very low signal intensity replacement inside the tendon in T1 or PDFS sequences. The tendon was classified injured if any of those pathological aspects could be found.
- *AW assessment:* presence or absence of inguinal or femoral hernia; presence or absence of a Transversalis Fascia (TF) bulging defined by an anterior convexity; and inguinal orifice diameter, measured on every sequences at the level of the emergence of the inferior epigastric vessels (excepted in sagittal PDFS because those structures were out of the explored volume). An AW was classified as injured if the inguinal orifice diameter was superior to 20 mm or if we could see a TF bulging on static and/or dynamic sequence (10).

Figure 1:



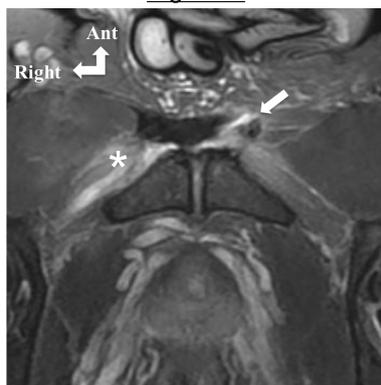
Coronal PDFS MRI in PS related CGP with: asterisks = symmetric slight bone marrow edema; white arrow = left secondary cleft in continuity with a central cleft (arrowhead) (covered by external oblique aponeurosis).

Figure 2:



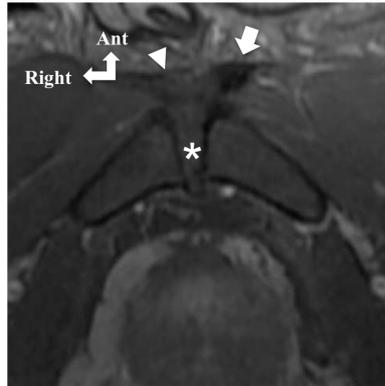
Sagittal PDFS in AL related CGP highlighting the tenuous semiology in a left proximal AL tendon with: white arrow = non-fluid entheses hypersignal in a case of moderate enthesopathy; arrowhead = left pubic bone anterior hypersignal reflecting a slight traction edema; asterisk = left pubic bone.

Figure 3:



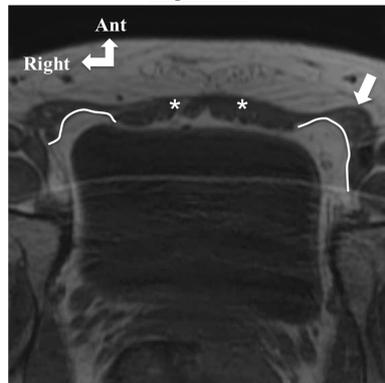
Axial PDFS MRI in musculo-tendinous related CGP with: white arrow = left AL tear; note an associated left adductor brevis enthesopathy (asterisk).

Figure 4:



Axial PDFS in symphysis plane in AL related CGP showing antero-posterior proximal AL tendon width asymmetry with: white arrow = thickened left AL tendon; arrowhead = normal thickness of right AL tendon with slight signal irregularities suggesting an incipient enthesopathy; asterisk = PS articular space.

Figure 5:



Axial T1 MRI in bilateral AW related CGP with: white curved lines = bilateral spontaneous TF bulging (predominant in left side); asterisks = right and left RA distal part; arrow = left spermatic cord.

Surgery

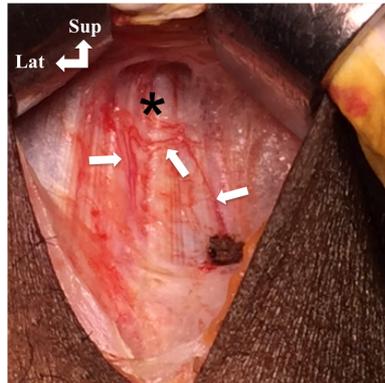
The same surgeon (GR) specialized in CGP operated all the patients. In case of AL related CGP, he used a Release Tenotomy (RT) technique. In case of AW related CGP, he used the Shouldice or Muschaweck techniques.

The RT technique consists in a short superficial releasing incision at the proximal point of insertion or 1 to 2 cm below the AL entheses. In our study, it was performed 1 cm below its pubic attachment after a short oblique inguinal incision centered on the AL tendon (26)(27).

Shouldice technique is defined as the mainstream suture-based repair. It is a four-layer reconstruction of TF with Prolene sutures associated to a conjoint tendon lowering to the iliopubic tract (26). Muschaweck technique ("minimal repair") consists in a suture of the posterior inguinal wall brought to the inguinal ligament, a release of RA tension on pubic bone, and a lateral section of the internal oblique muscle, with or without genito-femoral nerve section (26).

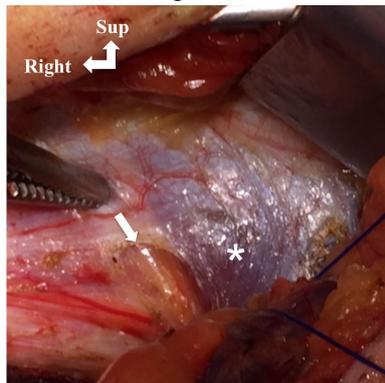
During the procedure, the surgeon assessed and graded systematically the AL tendon and the AW but couldn't evaluate the articular part of the PS because of capsular covering. Like in MRI, the AL tendon was analyzed looking for an enthesitis, a tendon tear, a tendon fibrosis with rigid and thickened tendon, and the presence of calcifications. The AW was classified as injured if the operator see an inguinal orifice diameter superior to 20mm could or if he could objectivize a TF bulging.

Figure 6:



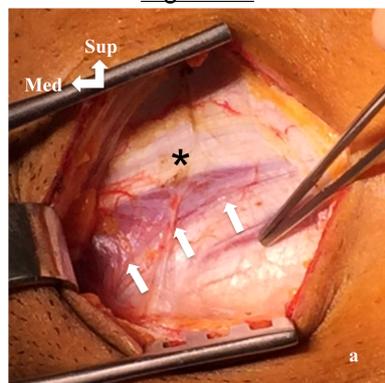
Right AL tendon (rigid and thickened) exposed in AL related CGP (before release tenotomy) with black asterisk = AL; white arrows = hyperemic vessels wandering on AL tendon surface.

Figure 7:



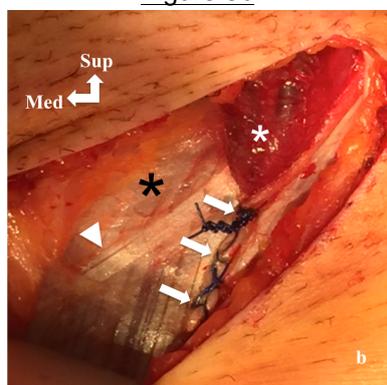
Right AW exposed in AW related CGP with: white arrow = weakness at conjoint tendon insertion on right RA; asterisk = right RA; surgical clamp showing the TF covering.

Figure 8a:



Left AW exposed in AW related CGP (before Shouldice technique) with: black asterisk = external oblique aponeurosis; white arrows = spermatic cord (covered by external oblique aponeurosis).

Figure 8b:



Left AW exposed in AW related CGP (after Shouldice technique) with: large black asterisk = external oblique aponeurosis; white arrows = Prolene sutures (lowering to inguinal ligament); little white asterisk = spermatic cord (passing in back plane); note an oblique reinforcement fiber on external oblique aponeurosis (arrowhead).

Data and Statistical analysis

The software used was SAS 9.1.3 (SAS Institute, Cary, USA).

We evaluated the reliability of each MRI sequence alone and for every combination possible, in which 8 single MRI sequences, 21 clusters of 2 sequences, 35 clusters of 3 sequences, 35 clusters of 4 sequences, 35 clusters of 5 sequences, 7 clusters of 6 sequences and 1 cluster of 7 sequences were separately analyzed for AL and AW assessment. The 255 sequences alone and clusters are exhaustively listed in additional material.

The results from the quantitative variables are presented as mean \pm Standard Deviation (SD), minimum, maximum and middle value. Those from qualitative variables are expressed in frequency and percent. The analysis was made on the basis of 86 AL tendons and 86 AW assessed, considering right and left sides in 43 patients. Non-operated AL tendons and AW were asymptomatic and then considered as clinically normal. Sensitivity (Se), Specificity (Sp), Positive Prospective Value (PPV), Negative Prospective Value (NPV) and Accuracy (Acc: ability to differentiate the affected or unaffected patients correctly = (True Positive + True Negative)/All) calculations have been made using data from surgery (with AL and AW assessment) as gold standard and the diagnosis made on the basements of MRI sequences which were studied as the other variable. In order to harmonize the calculation and to have similar statistical power, the Se, Sp, PPV, NPV and Acc values were calculated for all the sequences and combinations and for the sequences and combinations with at least 30 AL or 30 AW analyzed.

The significance threshold selected for all the statistical analysis was 0.05.

II.3.3. Results

Patients and surgery data

The surgeon operated 26 AL (10 in the right side, 16 in the left side; 4 patients bilaterally operated) and 49 AW in 43 patients (21 in the right side, 28 in the left side; 14 patients bilaterally operated) using the Shouldice technique 36 times and the Muschaweck technique 13 times. During the procedures, he found 10 right AL lesions, 16 left AL lesions (in which 5 enthesopathies, 17 tears, 4 thickened tendons and 0 calcification), 21 right AW lesions and 28 left AW lesions (9 AW with TF bulging, 32 AW between 20 and 30 mm, 8 AW between 30 and 40 mm).

MRI analysis data

A total of 192 sequences was obtained in 43 patients including 29 axial T1, 22 coronal T1, 41 axial PDFS, 41 coronal PDFS, 37 sagittal PDFS, 13 Axial T1 GE, 6 coronal T1 GE and 3 axial T1 VM.

All MRI findings are gathered in Table 1 for AL and Table 2 for AW.

| | | RUE | LUE | RALE | LALE | Cal | RALT | LALT | RALI | LALI |
|--------------------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|
| SEQUENCES | N | | | | | | | | | |
| <i>Ax T1</i> | 29 | 0 | 2 | 5 | 10 | 0 | 0 | 0 | 5 | 10 |
| <i>Cor T1</i> | 22 | 1 | 1 | 8 | 8 | 0 | 0 | 3 | 8 | 9 |
| <i>Ax PDFS</i> | 41 | 1 | 9 | 17 | 20 | 0 | 5 | 6 | 15 | 19 |
| <i>Cor PDFS</i> | 41 | 1 | 10 | 16 | 18 | 0 | 6 | 8 | 18 | 18 |
| <i>Sag PDFS</i> | 37 | 2 | 5 | 15 | 21 | 0 | 5 | 11 | 15 | 21 |
| <i>Ax T1 FSGE</i> | 13 | 3 | 0 | 6 | 9 | 0 | 0 | 1 | 6 | 9 |
| <i>Cor T1 FSGE</i> | 6 | 0 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 |
| <i>Ax T1 VM</i> | 3 | | | | | | | | | |
| TOTAL | 192 | 8 | 29 | 69 | 90 | 0 | 16 | 29 | | |

Table 1 summarizing MRI findings in AL assessment with: N = number of sequences; Ax: Axial; Cor: Coronal; Sag: Sagittal; RUE = Right Unilateral (traction) Edema; LUE = Left Unilateral (traction) Edema; RALE = Right AL Enthesopathy; LALE = Left AL Enthesopathy; Cal = Calcifications; RALT = Right AL Tear; LALT = Left AL Tear; RALI = Right AL Injury; LALI = Left AL Injury

| | | RTFB | LTFB | RRAA | LRAA | RAWI | LAWI |
|--------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| SEQUENCES | N | | | | | | |
| <i>Ax T1</i> | 29 | 5 | 4 | 3 | 0 | 9 | 10 |
| <i>Cor T1</i> | 22 | | | 0 | 0 | 2 | 3 |
| <i>Ax PDFS</i> | 41 | 7 | 4 | 4 | 2 | 17 | 16 |
| <i>Cor PDFS</i> | 41 | | | 4 | 0 | 7 | 6 |
| <i>Sag PDFS</i> | 37 | | | 0 | 1 | | |
| <i>Ax T1 FSGE</i> | 13 | 3 | 1 | 3 | 0 | 5 | 4 |
| <i>Cor T1 FSGE</i> | 6 | | | 1 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Ax T1 VM</i> | 3 | 3 | 3 | | | 3 | 3 |
| TOTAL | 192 | 18 | 12 | 15 | 3 | 44 | 43 |

Table 2 summarizing MRI findings in AW assessment with: N = number of sequences; Ax: Axial; Cor: Coronal; Sag: Sagittal; RMIOD = Right Mean Inguinal Orifice Diameter; LMIOD = Left Mean Inguinal Orifice Diameter; RTFB = Right Transversalis Fascia Bulging; LTFB = Left Transversalis Fascia Bulging; RRAA = Right Rectus Abdominis Atrophy; LRAA = Left Rectus Abdominis Atrophy; RAWI = Right Abdominal Wall Injury; LAWI = Left Abdominal Wall Injury

Main findings for PS assessment: we found 23 mirror bone marrow edema (23/192: 12%) including 8 of them in axial PDFS (highest rate), 21 secondary cleft (11%) including 9 of them in coronal PDFS (highest rate), 42 superior ligaments lesions (22%) including 12 of them in coronal PDFS (highest rate). The PS was also analyzed in a binary way (normal vs injured). We finally found 5 (5/29: 17%) PS origin to the CGP in axial T1, 9 (39%) in coronal T1, 13 (32%) in axial PDFS, 16 (39%) in coronal PDFS, 15 (41%) in sagittal PDFS, 1 (8%) in axial T1 FSGE, 2 (30%) in coronal T1 FSGE (Total average: 61/189: 32%).

Main findings for AL assessment: in a binary way (normal vs injured), we found 15 (15/58: 26%) AL origins to the CGP in axial T1, 17 (39%) in coronal T1, 34 (41%) in axial PDFS, 36 (44%) in coronal PDFS, 38 (51%) in sagittal PDFS, 15 (58%) in axial T1 FSGE, 7 (58%) in coronal T1 FSGE (Total average: 162/(189x2): 43%).

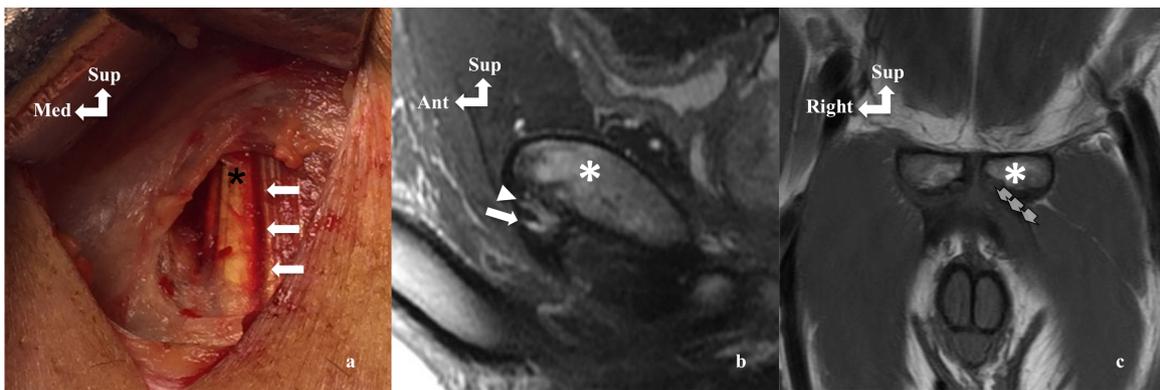
Main findings for AW assessment: in a binary way (normal vs injured), we found 19 (19/58: 33%) AW considered abnormal in axial T1, 5 (5/44: 11%) in coronal T1, 33 (33/64: 52%) in axial PDFS, 13 (13/76: 17%) in coronal PDFS, 9 (9/16: 56%) in axial T1 FSGE, 2 (2/12: 17%) in coronal T1 FSGE and 6 (6/6: 100%) in axial T1 VM (Total average: 105/((192-37) x2): 34%).

To note, 31 injured AL tendons (52%) and 16 injured AW (43%) were found in MRI in asymptomatic sides (For AL: 83% enthesopathies, 12% tears and 1% tendon fibrosis; For AW: 18% TF bulging and 82% AW diameters > 20 mm (mean: 26.26 [SD: 4.6])).

Correlation between MRI and surgery

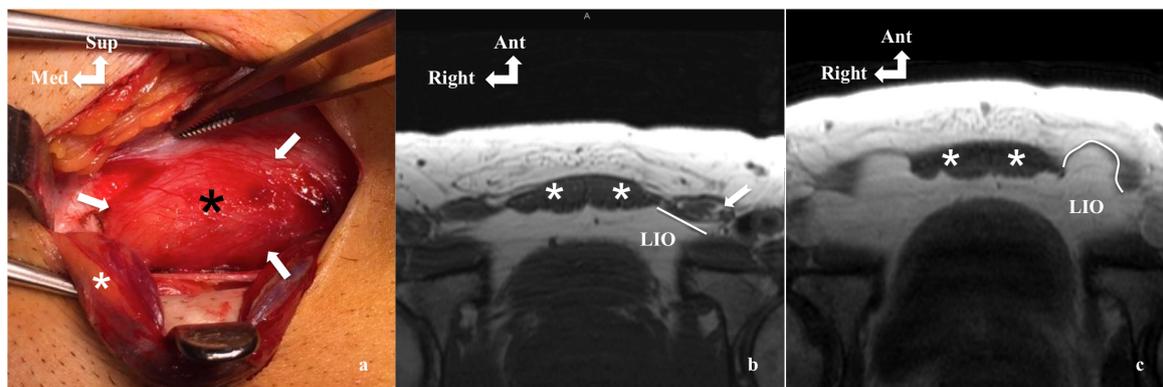
Main MRI Se/Sp/PPV/NPV/Acc results are gathered in Table 3 for AL and Table 4 for AW assessment (exhaustive results lists in MRI AL and AW assessment are provided as additional material).

Figure 9:



- a: Left AL tendon exposed in AL related CGP (before Release Tenotomy technique) with: black asterisk = AL tendon; white arrows = longitudinal central tear with hematoma;
- b: sagittal PDFS (slightly in left side) in AL related CGP with: white arrow = left AL tear with neighboring enthesopathy (arrowhead); asterisk = left unilateral traction edema on PS;
- c: coronal T1 in AL related CGP with: light grey arrows = left AL tear; asterisk = left pubic bone (note T1 bilateral bone marrow fatty hypersignal reflecting chronic PS modifications).

Figure 10:



a: Left AW exposed in AW related CGP (before Shouldice technique) showing an 'incipient hernia' with: large black asterisk = left TF bulging (with surrounding white arrows); small white asterisk = spermatic cord (lowered). The closed surgical clamp shows the inferior margin of external oblique aponeurosis.

b: axial T1 in AW related CGP with: thin white line covering the normal, linear left TF plane (note the asymmetry in spermatic cord surrounding signal intensity, elevated on the left side suggesting a fatty overload (white arrow); asterisks = normal RA muscles; LIO = Left Inguinal Orifice;

c: axial T1 VM in AW related CGP (same patient, same level) with: thin white line covering the important TF bulging while our patients increased his abdominal pressure (Valsalva Maneuver); asterisks = normal RA muscles; LIO = Left Inguinal Orifice. Also note the right TF bulging (less pronounced).

1 sequence assessment:

AL assessment: coronal T1 FSGE had the best accuracy reaching a rate of 91.67% (IC₉₅ [76.03 – 107.30]) with the smallest sample size: 12 AL. Among the sequences (n=5) with at least 30 AL assessed, axial PDFS had the best accuracy reaching a rate of 84.15% (Se: 92.00% (IC₉₅ [81.37 – 102.63]), Sp: 80.70% (IC₉₅ [70.46 – 90.95]), PPV: 67.65% (IC₉₅ [51.92 – 83.37]) and NPV: 95.83% (IC₉₅ [90.18 – 101.49]), n = 82).

AW assessment: axial T1 VM sequence had the best accuracy reaching a rate of 83.33% (IC₉₅ [53.51 – 113.15]) with the smallest sample size: 6 AW. Among the sequences (n = 4) with at least 30 AW assessed, axial PDFS had the best accuracy reaching a rate of 57.78% (IC₉₅ [43.35 – 72.21]) (Se: 59.26% (IC₉₅ [40.73 – 77.79]), Sp: 59.26% (IC₉₅ [32.60 – 78.51]) PPV: 66.67% (IC₉₅ [47.81 – 85.53]) and NPV: 47.62% (IC₉₅ [26.26 – 68.98]), n = 45).

2 sequences combination assessment:

AL assessment: coronal T1 with axial T1 FSGE and coronal T1 with coronal T1 FSGE had the best accuracy reaching a rate of 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) with the smallest

sample sizes: respectively 6 and 4 AL assessed. Among the sequences combinations (n = 7) with at least 30 AL assessed, coronal T1 with axial PDFS had the best accuracy reaching a rate of 79.55% (IC₉₅ [67.63 – 91.46]) (Se: 92.31% (IC₉₅ [77.82 – 106.79]), Sp: 74.19% (IC₉₅ [58.79 – 89.60]), PPV: 60.00% (IC₉₅ [38.53 – 81.47]) and NPV: 95.83% (IC₉₅ [87.84 – 103.83]), n = 44).

AW assessment: axial PDFS with coronal T1 FSGE had the best accuracy reaching a rate of 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) with the smallest sample size: 3 AW assessed. Among the sequences combinations (n = 3) with at least 30 AW assessed, coronal T1 with coronal PDFS had the best accuracy reaching a rate of 63.89% (IC₉₅ [42.23 – 74.44]) (Se: 47.62% (IC₉₅ [26.26 – 68.98]), Sp: 86.67% (IC₉₅ [69.46 – 103.87]), PPV: 83.33% (IC₉₅ [62.25 – 104.42]) and NPV: 54.17% (IC₉₅ [34.23 – 74.10]), n = 36).

3 sequences combination assessment:

AL assessment: 6 sequences clusters (identifiable in Table 3) had the same best accuracy reaching a rate of 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) with small sample sizes: mean n = 3 [2 – 4]. Among the sequences combinations (n = 7) with at least 30 AL assessed, coronal T1 with axial PDFS and sagittal PDFS had the best accuracy reaching a rate of 72.22% (IC₉₅ [57.59 – 86.85]) (Se: 91.67% (IC₉₅ [76.03 – 107.30]), Sp: 62.50% (IC₉₅ [43.13 – 81.87]), PPV: 55.00% (IC₉₅ [33.20 – 76.80]) and NPV: 93.75% (IC₉₅ [81.89 – 105.61]), n = 36).

AW assessment: coronal PDFS with axial and coronal T1 FSGE had the best accuracy reaching a rate of 75.00% (IC₉₅ [32.56 – 117.44]) with small sample size: n = 4. Only one sequences combination (n = 1) had at least 30 AL assessed: axial T1 with axial PDFS and coronal PDFS reached an accuracy of 62.50% (IC₉₅ [45.73 – 79.27]) (Se: 63.64% (IC₉₅ [35.31 – 92.06]), Sp: 61.90% (IC₉₅ [41.13 – 82.68]), PPV: 46.67% (IC₉₅ [21.42 – 71.91]) and NPV: 76.47% (IC₉₅ [56.31 – 96.63]), n = 32).

4 sequences combination assessment:

AL assessment: 7 sequences clusters (identifiable in Table 3) had the same best accuracy reaching a rate of 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) with small sample sizes: mean n = 2.29 [2 – 4]. Among the sequences combinations (n = 7) with at least 30 AL assessed, coronal T1 with axial PDFS, coronal PDFS and sagittal PDFS had the best accuracy reaching a rate of 63.89% (IC₉₅ [48.20 – 79.58]) (Se: 91.67% (IC₉₅ [76.03 – 107.30]), Sp: 50.00% (IC₉₅ [30.00 – 70.00]), PPV: 47.83% (IC₉₅ [27.41 – 68.24]) and NPV: 92.31% (IC₉₅ [77.82 – 106.79]), n = 36).

AW assessment: 5 sequences clusters (identifiable in Table 4) had the same best accuracy reaching a rate of 66.67% (IC₉₅ [28.95 – 104.39]) with small sample size: mean n = 5,4 [3 – 6]. No sequences combination had at least 30 AW assessed.

5 sequences combination assessment:

AL assessment: 4 sequences clusters (identifiable in Table 3) had the same best accuracy reaching a rate of 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) with small sample sizes: mean n = 2. No sequences combination had at least 30 AL assessed.

AW assessment: axial T1 with axial PDFS, coronal PDFS, axial T1 VM and axial T1 FSGE had the best accuracy reaching a rate of 66.67% (IC₉₅ [28.95 – 104.39]) with small sample size: n = 6. No sequences combination had at least 30 AW assessed.

6 sequences combination assessment:



AL assessment: coronal T1 with axial PDFS, coronal PDFS, Sagittal PDFS, axial T1 FSGE and coronal T1 FSGE had the best accuracy reaching a rate of 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) with small sample sizes: n = 2. No sequences combination (n = 0) had at least 30 AL assessed.

AW assessment: axial T1 with coronal T1, axial PDFS, coronal PDFS, axial T1 FSGE and coronal T1 FSGE had the best accuracy reaching a rate of 50.00% (IC₉₅ [-19.30 – 119.30]) with small sample size: n = 2. No sequences combination had at least 30 AW assessed.

Global assessment:

AL assessment: the global Se of MRI reached 83.25% (IC₉₅ [73.29 – 93.20]), the Sp reached 77.36% (IC₉₅ [66.20 – 88.52]), the PPV reached 66.19% (IC₉₅ [53.57 – 78.81]) and the NPV reached 91.52% (IC₉₅ [84.10 – 98.95]) with a global accuracy of 80.20% (IC₉₅ [69.57 – 90.83]) (n = 378, mean n = 54.00 [46 – 82] AL analyzed).

AW assessment: the global Se of MRI reached 84.42% (IC₉₅ [73.91 – 95.93]), the Sp reached 36.30% (IC₉₅ [21.04 – 51.56]), the PPV reached 55.69% (IC₉₅ [39.92 – 71.46]) and the NPV reached 82.21% (IC₉₅ [70.07 – 94.35]) with a global accuracy of 63.42% (IC₉₅ [48.13 – 78.71]) (n = 267, mean n = 38.14 [6 – 76] AW analyzed).

| | Sequences | N | Se | Sp | PPV | NPV | Acc |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 SEQUENCE | Cor T1 FSGE | 12 | 100,00 | 83,33 | 85,71 | 100,00 | 91,67 |
| 2 SEQUENCES | Cor T1 + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 3 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial T1 FSGE | 2 | - | 100,00 | - | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | - | 100,00 | - | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 4 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | - | 100,00 | - | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 5 SEQUENCES | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 6 SEQUENCES | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 7 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |

Table 3 summarizing MRI sequences in comparison to surgery in AL assessment with: N = number of sequences; Ax = Axial; Cor = Coronal; Sag = Sagittal; Se = Sensitivity; Sp = Specificity; PPV = Predictive Prospective Value; NPV = Negative Prospective Value; Acc = Accuracy.

| | Séquences | N | Se | Sp | PPV | NPV | Acc |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 SEQUENCES | Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 83,33 | - | 83,33 |
| 2 SEQUENCES | Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 3 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 3 SEQUENCES | Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 0,00 | 75,00 | - | 75,00 |
| 4 SEQUENCES | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 3 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| 5 SEQUENCES | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| 6 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| 7 SEQUENCES | - | 0 | - | - | - | - | - |

Table 4 summarizing MRI sequences in comparison to surgery in AW assessment with: N = number of sequences; Ax = Axial; Cor = Coronal; Sag = Sagittal; Se = Sensitivity; Sp = Specificity; PPV = Predictive Prospective Value; NPV = Negative Prospective Value; Acc = Accuracy.

II.3.4. Discussion

Our study evaluated the reliability of MRI sequences (standalone and combined) in CGP diagnosis with systematic comparison to surgery as gold standard: global accuracy reached 80.20% in AL and 63.42% in AW. Coronal T1 FSGE and axial T1 VM were respectively the most single reliable sequences (Acc: 91.67% in AL and 83.33% in AW).

Our results and the comparison to the published literature, lead us to think that a suitable MRI protocol for AL and AW assessment could be proposed using a 4 sequences cluster: coronal T1 combined to axial PDFS (in PS plane), sagittal PDFS and axial T1 VM. This four sequences protocol without GE should be broadly acceptable in daily practice with an accuracy reaching a rate of 77.78% (IC₉₅ [58.57 – 96.98]) (Se: 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]), Sp: 69.23% (IC₉₅ [44.14 – 94.32] PPV: 55.56% (IC₉₅ [23.09 – 88.02] and NPV: 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00])) with an average duration of 10 min 36 sec which is a very acceptable length.

Considering GE, axial T1 and coronal T1 FSGE were the most accurate sequences in our study (Acc: respectively 84.62% and 91.67%) for AL. Indeed, in MSK imaging, GE allows for sensitive tendon lesions screening which is consistent with the literature (28). However, in our opinion, those sequences should be reserved to a small number of doubtful cases with high clinical suspicion of AL tendon injury or post-operative imaging, even more considering

the recent controversy about gadolinium body deposits, especially in the brain and the risk of nephrogenic systemic fibrosis (11)(29). Axial PDFS in symphysic plane was the second most accurate (Acc: 84.15%) sequence for AL. This geometry allows a precise evaluation of AL kind of lesions such as tears or enthesopathy but also PS bone marrow edema and its symmetry. This sequence is valid in elimination of differential diagnosis such as hip abarticular tendinopathies, labral pathologies and pelvic stress fractures (8). Sagittal PDFS was also an accurate (Acc: 72.97%) and very useful sequence centered on the PS for AL. The use of this sagittal orthogonal plan (with smaller FOV) allows a precise discriminative AL lesions evaluation such as tears directions to the top RA aponeurosis and/or to the back adductors brevis and magnus muscular insertions (9). Axial T1 VM was a promising, efficient (Acc: 83.33%) sequence assessing deep inguinal orifices, bilaterally. The use of a large FOV (in addition to its PS assessment abilities) allows for a comparison of bilateral parietal components whereas dynamic abdominal pressure leads to sensitize AW TF bulging, like in US (Pesquer). Coronal T1 was the fourth best sequence in AL assessment (Acc: 73,91). In addition to these performances, it allows us to look for chronic bone changes in PS but also differential diagnoses such as hip derangements (with axial T1 help for femoro-acetabular morphometric impingements) (8). Eventually, concerning pelvis MRI, this shorter protocol in 10:36 (versus complete 8 sequences protocol: 19:07) allows a precise AL and AW assessment by minimizing patient movements, which represents the main artifacts source disturbing our interpretation in CGP tenuous semiology. Furthermore, this protocol with focused sequences on PS but also large FOV on the pelvis allows a screening of the main important differential diagnosis (8).

To the best of our knowledge, only 2 studies conducted by Zoga et al. and Larbi et al. compared MRI to surgical assessment (respectively 102 patients and 18 patients) in CGP (9)(10).

In Zoga and al series, sensitivity and specificity of MRI for AL tendon injuries detection was respectively reported at 86% and 89%, indicating the promise and limitations of MR evaluation. They indicated excellent results of MR evaluation in CGP for correlation concerning the wall and the musculo-tendinous structures injury. However, Zoga's study had several limitations: MR imaging studies were provided by different imaging centers with various protocols and techniques. Their control group was not matched for athletic activity and smaller than their patient group because of MRI examinations limited availability in asymptomatic, age and sex-matched patients. Moreover, this series didn't differentiate AL tendons injuries and didn't precisely describe AW patterns in MRI and surgical protocol.

In Larbi and al series, no sensitivity, specificity, NPV and PPV of MRI for AL tendon and AW injuries were reported. In this pilot case-control study, it has been shown that MRI has good correlation to surgery when chronic AP concerns preferentially AL tendinopathy and deep inguinal canal with a low correlation for MRI to surgery/histology when trying to precisely grade these lesions and a high correlation when only considering the item « affected versus unaffected »: respectively 100% for AL tendon and 73% for AW. However, Larbi's study had several limitations despite systematic histology comparison: this series was mainly limited by the small size of patients matched for athletic activity, age and sex.

Our main results are in accordance to CGP literature. Our high sensitivity in AL assessment (83.25%) was quite consistent with Zoga et al. study (86%). The correlation was lower concerning our specificity (77.36% versus 89%) and PPV (66.19% versus 96%). This could be explained by the "numerous imaging systems", the "variable imaging protocols" they used

to assess their 102 patients, including T2 weighted and Short Time Inversion Recovery (STIR) sequences (9). Indeed, in our series, all the MRI was realized on the same MR scanner with strictly same sequence characteristics with the cardiac coil.

Our accuracy in global AL tendon and AW assessment (respectively 80.20% and 63.42%) was slightly lower than Larbi et al. findings (correlation: respectively 100% and 73%), taking account of a different data analysis method and our larger population that could be closer to real MRI performances. Anyway, concerning PS, our descriptive results were consistent with theirs (bilateral bone marrow edema (12% versus 14%) and secondary clefts (11% versus 7%)).

Our study seems quite redundant with Branci et al. findings, mainly concerning the need of the use of at least 2 fluid sensitive sequences in orthogonal planes so as to prove AL lesions and separate them from PS assessment (24). The differences between our works lie especially in the methods and the purpose of the protocol. Indeed, their assessment was made on the basis of an intra and inter-observer reliability but without surgical comparison as gold standard. Furthermore, their protocol is designed for PS an AL, without AW assessment except from RA injuries. In contrast, our protocol allows a global assessment in order to propose a pre-surgical evaluation with only 4 sequences.

Our study has several limitations. First, this study was constrained by the small size of patients ($n = 43$) but to our knowledge, it is the largest homogeneous series focusing on CGP with MRI sequences (single and in combination) diagnostic value assessment and systematic comparison to surgery as gold standard. Second, the retrospective study design lowers its level of evidence. Further series should be leaded with a prospective design and systematic application of dynamic axial T1 VM should be leaded in order to further evaluate these findings. On one hand, the protocols were fluctuating in our patient population, with some low sample sizes especially concerning axial T1 VM or T1 FSGE. On the other hand, all exams were strictly realized on the same the MR scanner with same MSK radiologist and surgeon for all of them. Neither intra nor inter-observer agreement was calculated. However, our goal was to evaluate MRI performances and not MSK radiologist reproducibility. Last, our analysis was made on the basis of 86 AL and 86 AW, considering right and left sides in 43 patients. Non-operated asymptomatic AL tendons and AW were considered as clinically normal so as to allow Se, Sp, PPV, NPV and Acc calculations. 31 injured AL tendons (52%) and 16 injured AW (43%) were found in MRI in asymptomatic side. The explanation could arise from our athletic population and the high prevalence of asymptomatic abnormalities such as US with a rate reaching 100% in asymptomatic AL tendons (Bise et al. 2017 unpublished data). Further analysis concerning MRI asymptomatic abnormalities for AL tendons and AW should constitute an arising study.

II.3.5. Conclusion

Our study investigated the diagnostic value of eight MRI sequences (standalone and combined) in CGP diagnosis, considering AL and AW injuries in comparison to surgery. According to these results, we propose a reliable and simplified pelvis MRI protocol with a 4 sequences cluster for CGP: coronal T1 – axial PDFS – sagittal PDFS – axial T1 VM, with a reasonable time frame.

II.3.6. References

1. Puig PL, Trouve P, Savalli L. [Pubalgia: from diagnosis to return to the sports field]. *Ann Readapt Med Phys*. 2004 Aug;47(6):356–64.
2. Santilli OL, Nardelli N, Santilli HA, Tripoloni DE. Sports hernias: experience in a sports medicine center. *Hernia*. 2015 Mar 18;
3. Renström P, Peterson L. Groin injuries in athletes. *Br J Sports Med*. 1980 Mar;14(1):30–6.
4. Nicholas SJ, Tyler TF. Adductor muscle strains in sport. *Sports Med*. 2002;32(5):339–44.
5. Orchard JW. Men at higher risk of groin injuries in elite team sports: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2015 Jun;49(12):798–802.
6. Schache AG, Woodley SJ, Schilders E, Orchard JW, Crossley KM. Anatomical and morphological characteristics may explain why groin pain is more common in male than female athletes. *Br J Sports Med*. 2017 Apr;51(7):554–5.
7. Weir A, Brukner P, Delahunt E, Ekstrand J, Griffin D, Khan KM, et al. Doha agreement meeting on terminology and definitions in groin pain in athletes. *Br J Sports Med*. 2015 Jun;49(12):768–74.
8. Omar IM, Zoga AC, Kavanagh EC, Koulouris G, Bergin D, Gopez AG, et al. Athletic pubalgia and “sports hernia”: optimal MR imaging technique and findings. *Radiographics*. 2008 Oct;28(5):1415–38.
9. Zoga AC, Kavanagh EC, Omar IM, Morrison WB, Koulouris G, Lopez H, et al. Athletic pubalgia and the “sports hernia”: MR imaging findings. *Radiology*. 2008 Jun;247(3):797–807.
10. Larbi A, Pesquer L, Reboul G, Omoumi P, Perozziello A, Abadie P, et al. MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016 Oct;102(6):747–54.
11. Coker DJ, Zoga AC. The Role of Magnetic Resonance Imaging in Athletic Pubalgia and Core Muscle Injury. *Top Magn Reson Imaging*. 2015 Aug;24(4):183–91.
12. Schilders E, Talbot JC, Robinson P, Dimitrakopoulou A, Gibbon WW, Bismil Q. Adductor-related groin pain in recreational athletes: role of the adductor enthesis, magnetic resonance imaging, and enthesal pubic cleft injections. *J Bone Joint Surg Am*. 2009 Oct;91(10):2455–60.
13. Hölmich P, Uhrskou P, Ulnits L, Kanstrup IL, Nielsen MB, Bjerg AM, et al. Effectiveness of active physical training as treatment for long-standing adductor-related groin pain in athletes: randomised trial. *Lancet*. 1999 Feb 6;353(9151):439–43.
14. Schilders E, Dimitrakopoulou A, Cooke M, Bismil Q, Cooke C. Effectiveness of a selective partial adductor release for chronic adductor-related groin pain in professional athletes. *Am J Sports Med*. 2013 Mar;41(3):603–7.
15. Serner A, Weir A, Tol JL, Thorborg K, Roemer F, Guermazi A, et al. Can standardised clinical examination of athletes with acute groin injuries predict the presence and location of MRI findings? *Br J Sports Med*. 2016 Dec;50(24):1541–7.

16. Falvey ÉC, King E, Kinsella S, Franklyn-Miller A. Athletic groin pain (part 1): a prospective anatomical diagnosis of 382 patients--clinical findings, MRI findings and patient-reported outcome measures at baseline. *Br J Sports Med.* 2016 Apr;50(7):423–30.
17. de Sa D, Hölmich P, Phillips M, Heaven S, Simunovic N, Philippon MJ, et al. Athletic groin pain: a systematic review of surgical diagnoses, investigations and treatment. *Br J Sports Med.* 2016 Oct;50(19):1181–6.
18. Sheen AJ, Stephenson BM, Lloyd DM, Robinson P, Fevre D, Paajanen H, et al. "Treatment of the sportsman's groin": British Hernia Society's 2014 position statement based on the Manchester Consensus Conference. *Br J Sports Med.* 2014 Jul;48(14):1079–87.
19. Chopra A, Robinson P. Imaging Athletic Groin Pain. *Radiologic Clinics of North America.* 2016 Sep;54(5):865–73.
20. Paajanen H, Hermunen H, Karonen J. Pubic magnetic resonance imaging findings in surgically and conservatively treated athletes with osteitis pubis compared to asymptomatic athletes during heavy training. *Am J Sports Med.* 2008 Jan;36(1):117–21.
21. Harr JN, Brody F. Sports hernia repair with adductor tenotomy. *Hernia.* 2016 Aug 6;
22. Robinson P, Barron DA, Parsons W, Grainger AJ, Schilders EMG, O'Connor PJ. Adductor-related groin pain in athletes: correlation of MR imaging with clinical findings. *Skeletal Radiol.* 2004 Aug;33(8):451–7.
23. Branci S, Thorborg K, Nielsen MB, Hölmich P. Radiological findings in symphyseal and adductor-related groin pain in athletes: a critical review of the literature. *Br J Sports Med.* 2013 Jul;47(10):611–9.
24. Branci S, Thorborg K, Bech BH, Boesen M, Magnussen E, Court-Payen M, et al. The Copenhagen Standardised MRI protocol to assess the pubic symphysis and adductor regions of athletes: outline and intratester and intertester reliability. *Br J Sports Med.* 2015 May;49(10):692–9.
25. Cunningham PM, Brennan D, O'Connell M, MacMahon P, O'Neill P, Eustace S. Patterns of bone and soft-tissue injury at the symphysis pubis in soccer players: observations at MRI. *AJR Am J Roentgenol.* 2007 Mar;188(3):W291-296.
26. Picard PL, Reboul G, Vuckovic Z. Le traitement chirurgical des pubalgies. [/data/revues/07651597/v28i4/S0765159713001020/](http://www.em-consulte.com/en/article/832751) [Internet]. 2013 Sep 9 [cited 2017 Jun 4]; Available from: <http://www.em-consulte.com/en/article/832751>
27. Orchard JW, Cook JL, Halpin N. Stress-shielding as a cause of insertional tendinopathy: the operative technique of limited adductor tenotomy supports this theory. *J Sci Med Sport.* 2004 Dec;7(4):424–8.
28. Shalabi A, Kristoffersen-Wiberg M, Aspelin P, Movin T. MR evaluation of chronic Achilles tendinosis. A longitudinal study of 15 patients preoperatively and two years postoperatively. *Acta Radiol.* 2001 May;42(3):269–76.
29. Ramalho M, Ramalho J, Burke LM, Semelka RC. Gadolinium Retention and Toxicity- An Update. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2017 May;24(3):138–46.



III. PRINCIPAUX RESULTATS, DISCUSSION ET CONCLUSION

III.1. Principaux résultats de notre étude

III.1.1. Données chirurgicales

43 patients ont été opérés entre avril 2011 et octobre 2014 dont 26 tendons LA (10 à droite, 16 à gauche ; 4 patients ont été opérés bilatéralement) et 49 parois abdominales (PA) (21 du côté droit, 28 du côté gauche ; 14 patients ont été opérés bilatéralement) à l'aide de la technique de Shouldice 36 fois et de la technique de Muschaweck 13 fois. Pendant les procédures, le chirurgien a mis en évidence 10 lésions de tendons LA droits, 16 lésions de tendons LA gauches (dont 5 enthésopathies, 17 fissures, 4 fibroses tendineuses mais 0 calcification), 21 lésions pariétales droites et 28 lésions pariétales gauches (dont 9 bombements de FT, 32 élargissements du CI entre 20 et 30 mm, 8 élargissements du CI entre 30 et 40 mm).

III.1.2. Données des séquences IRM

Au total, 192 séquences ont été obtenues chez 43 patients dont : 29 axiales T1, 22 coronales T1, 41 axiales DPFS, 41 coronales DPFS, 37 sagittales DPFS, 13 axiales T1 FS avec Injection de Gadolinium (FSIG), 6 coronales T1 FSIG et 3 axiales T1 en Poussée abdominale avec technique de Valsalva (PV).

Toutes les données des analyses IRM sont compilées dans le Tableau 1 pour le tendon LA et dans le Tableau 2 pour la PA.

| | | OUD | OUG | ELAD | ELAG | Cal | FLAD | FLAG | LLAD | LLAG |
|---------------------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|
| SEQUENCES | N | | | | | | | | | |
| <i>Ax T1</i> | 29 | 0 | 2 | 5 | 10 | 0 | 0 | 0 | 5 | 10 |
| <i>Cor T1</i> | 22 | 1 | 1 | 8 | 8 | 0 | 0 | 3 | 8 | 9 |
| <i>Ax PDFS</i> | 41 | 1 | 9 | 17 | 20 | 0 | 5 | 6 | 15 | 19 |
| <i>Cor PDFS</i> | 41 | 1 | 10 | 16 | 18 | 0 | 6 | 8 | 18 | 18 |
| <i>Sag PDFS</i> | 37 | 2 | 5 | 15 | 21 | 0 | 5 | 11 | 15 | 21 |
| <i>Ax T1 FSIGE</i> | 13 | 3 | 0 | 6 | 9 | 0 | 0 | 1 | 6 | 9 |
| <i>Cor T1 FSIGE</i> | 6 | 0 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 |
| <i>Ax T1 VM</i> | 3 | | | | | | | | | |
| TOTAL | 192 | 8 | 29 | 69 | 90 | 0 | 16 | 29 | 70 | 90 |

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques IRM dans l'évaluation du LA avec : N = nombre de séquences ; Ax = Axial ; Cor = Coronal ; Sag = Sagittal ; OUD = Œdème Unilatéral Droit ; OUG = Œdème Unilatéral Gauche ; ELAD = Enthésopathie du LA Droit ; ELAG = Enthésopathie du LA Gauche ; Cal = Calcification ; FLAD = Fissure du LA Droit ; FLAG = Fissure du LA Gauche ; LLAD = Lésion du LA Droit ; LLAG = Lésion du LA Gauche

| | | BFTD | BFTG | AGDD | AGDG | LPAD | LPAG |
|--------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| SEQUENCES | N | | | | | | |
| Ax T1 | 29 | 5 | 4 | 3 | 0 | 9 | 10 |
| Cor T1 | 22 | | | 0 | 0 | 2 | 3 |
| Ax PDFS | 41 | 7 | 4 | 4 | 2 | 17 | 16 |
| Cor PDFS | 41 | | | 4 | 0 | 7 | 6 |
| Sag PDFS | 37 | | | 0 | 1 | | |
| Ax T1 FSIGE | 13 | 3 | 1 | 3 | 0 | 5 | 4 |
| Cor T1 FSIGE | 6 | | | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Ax T1 VM | 3 | 3 | 3 | | | 3 | 3 |
| TOTAL | 192 | 18 | 12 | 15 | 3 | 44 | 43 |

Tableau 2 : Résumé des caractéristiques IRM dans l'évaluation de la PA avec : N = nombre de séquences ; Ax = Axial ; Cor = Coronal ; Sag = Sagittal ; BFTD = Bombement du Fascia Transversalis Droit ; BFTG = Bombement du Fascia Transversalis Gauche ; AGDD = Atrophie du Grand Droit Droit ; AGDG = Atrophie du Grand Droit Gauche ; LPAD = Lésion de la PA Droite ; LPAG = Lésion de la PA Gauche

Principales données de l'analyse de l'atteinte ostéo-articulaire (Symphyse Pubienne (SP)) : Nous avons mis en évidence 23 Œdèmes en Miroir (OM) (23/192 : 12%) dont 8 d'entre eux en axial DPFS (taux le plus important), 42 lésions du ligament pubien supérieur (22%) dont 12 d'entre elles en coronal DPFS (taux le plus important). La SP a également été évaluée de façon binaire (atteinte ou non-atteinte). Nous avons finalement mis en évidence 5 (5/29 : 17%) PCS en rapport avec une atteinte de la SP en axial T1, 9 (39%) en coronal T1, 13 (32%) en axial DPFS, 16 (39%) en coronal DPFS, 15 (41%) en sagittal DPFS, 1 (8%) en axial T1 FSIGE, 2 (30%) en coronal T1 FSIGE (avec une moyenne de 61/189 : 32% sur l'ensemble des séquences).

Principales données de l'analyse des tendons LA : De façon binaire (atteint VS non-atteint), nous avons mis en évidence 15 (15/58 : 26%) PCS en rapport avec une atteinte du LA en axial T1, 17 (39%) en coronal T1, 34 (41%) en axial DPFS, 36 (44%) en coronal DPFS, 38 (51%) en sagittal DPFS, 15 (58%) en axial T1 FSIGE, 7 (58%) en coronal FSIGE (avec une moyenne de 162/((192-3)x2) : 43% sur l'ensemble des séquences, sans les 3 axiales T1 PV et en considérant les 2 côtés).

Principales données de l'analyse des PA : De façon binaire (atteint VS non-atteint), nous avons mis en évidence 19 (19/64 : 11%) PA considérées anormales en axial T1, 5 (11%) en coronal T1, 33 (52%) en axial DPFS, 13 (17%) en coronal DPFS, 9 (56%) en axial T1 FSIGE, 2 (17%) en coronal FSIGE et 6 (100%) en axial T1 PV (avec une moyenne de 105/((192-37)x2) : 34% sur l'ensemble des séquences (sans les 37 sagittales DPFS et en considérant les 2 côtés).

On notera que 31 tendons LA (52%) et 16 PA (43%) qui ont été considérés atteints en IRM concernaient des côtés non-opérés et donc considérés asymptomatiques (Parmi ceux-ci, pour les tendons LA on a mis en évidence 83% d'enthésopathies, 12% de fissures et 1% de fibrose tendineuse ; pour les PA, on a mis en évidence 18% de bombement du FT et 82% d'élargissements du CI à plus de 20 mm (moyenne : 26,26 mm [DS : 4,6]).

III.1.3. Corrélation IRM – chirurgie

Les principaux résultats concernant l'évaluation des Sensibilité (Se), Spécificité (Sp), Valeur Prédictive Positive (VPP), Valeur Prédictive Négative (VPN) et Efficacité (Eff) de l'IRM en comparaison à la chirurgie sont compilés dans le Tableau 3 pour l'évaluation du LA et dans le Tableau 4 pour l'évaluation de la PA (la liste exhaustive de ces résultats est fournie en tant que matériel additionnel).

| | Séquences | N | Se | Sp | VPP | VPN | Eff |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 SEQUENCE | Cor T1 FSGE | 12 | 100,00 | 83,33 | 85,71 | 100,00 | 91,67 |
| 2 SEQUENCES | Cor T1 + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 3 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial T1 FSGE | 2 | - | 100,00 | - | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | - | 100,00 | - | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 4 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | - | 100,00 | - | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 5 SEQUENCES | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSIGE + Cor T1 FSIGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 6 SEQUENCES | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSIGE + Cor T1 FSIGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 7 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSIGE + Cor T1 FSIGE | 0 | - | - | - | - | - |

Tableau 3 : Résumé des meilleures séquences d'IRM seules et en combinaisons en comparaison à la chirurgie dans l'étude des tendons LA avec : N = nombre de séquences ou de combinaisons; Ax = Axial ; Cor = Coronal ; Sag = Sagittal ; Se = Sensibilité; Sp = Spécificité; VPP = Valeur Prédicative Positive; VPN = Valeur Prédicative Négative; Eff = Efficacité.

| | Séquences | N | Se | Sp | VPP | VPN | Eff |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 SEQUENCE | Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 83,33 | - | 83,33 |
| 2 SEQUENCES | Axial PDFS + Cor T1 FSIGE | 3 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 3 SEQUENCES | Cor PDFS + Axial T1 FSIGE + Cor T1 FSIGE | 4 | 100,00 | 0,00 | 75,00 | - | 75,00 |
| 4 SEQUENCES | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSIGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSIGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSIGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSIGE + Cor T1 FSIGE | 3 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| 5 SEQUENCES | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSIGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| 6 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSIGE + Cor T1 FSIGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| 7 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSIGE + Cor T1 FSIGE | 0 | - | - | - | - | - |

Tableau 4 : Résumé des meilleures séquences d'IRM seules et en combinaisons en comparaison à la chirurgie dans l'étude des PA avec : N = nombre de séquences ou de combinaisons ; Ax = Axial ; Cor = Coronal ; Sag = Sagittal ; Se = Sensibilité; Sp = Spécificité; VPP = Valeur Prédicative Positive; VPN = Valeur Prédicative Négative; Eff = Efficacité.

Evaluation des séquences seules :

Evaluation du LA : la séquence coronale T1 FSIGE était la plus performante avec Eff : 91.67% (IC₉₅ [76.03 – 107.30]) et avec le plus petit effectif: 12 AL. Concernant les séquences (n=5) évaluant au moins 30 AL, la séquence axiale DPFS était la plus performante avec Eff : 84.15% (Se: 92.00% (IC₉₅ [81.37 – 102.63]), Sp: 80.70% (IC₉₅ [70.46 – 90.95]), PPV: 67.65% (IC₉₅ [51.92 – 83.37]) et NPV: 95.83% (IC₉₅ [90.18 – 101.49]), n = 82).

Evaluation de la PA : la séquence axiale T1 PV était la plus performante avec Eff : 83.33% (IC₉₅ [53.51 – 113.15]) et avec le plus petit effectif : 6 AW. Concernant les séquences (n = 4) évaluant au moins 30 PA, la séquence axiale DPFS était la plus performante avec Eff : 57.78% (IC₉₅ [43.35 – 72.21]) (Se: 59.26% (IC₉₅ [40.73 – 77.79]), Sp: 59.26% (IC₉₅ [32.60 – 78.51]) PPV: 66.67% (IC₉₅ [47.81 – 85.53]) et NPV: 47.62% (IC₉₅ [26.26 – 68.98]), n = 45).

Evaluation des combinaisons de 2 séquences :

Evaluation du LA : les combinaisons coronale T1 avec axiale T1 FSIG et coronale T1 avec coronale T1 FSIG étaient les plus performantes avec Eff : 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) et avec les plus petits effectifs : respectivement 6 et 4 LA évalués. Concernant les combinaisons de séquences (n = 7) avec au moins 30 LA évalués, la combinaison coronale T1 avec axiale DPFS était la plus performante avec Eff : 79.55% (IC₉₅ [67.63 – 91.46]) (Se: 92.31% (IC₉₅ [77.82 – 106.79]), Sp: 74.19% (IC₉₅ [58.79 – 89.60]), PPV: 60.00% (IC₉₅ [38.53 – 81.47]) et NPV: 95.83% (IC₉₅ [87.84 – 103.83]), n = 44).

Evaluation de la PA : la combinaison axiale DPFS avec coronale T1 FSIG était la plus performante avec Eff : 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) et avec le plus petit effectif : 3 PA évaluées. Concernant les combinaisons de séquences (n = 3) avec au moins 30 PA évaluées, la combinaison coronale T1 avec coronale DPFS était la plus performante avec Eff : 63.89% (IC₉₅ [42.23 – 74.44]) (Se: 47.62% (IC₉₅ [26.26 – 68.98]), Sp: 86.67% (IC₉₅ [69.46 – 103.87]), PPV: 83.33% (IC₉₅ [62.25 – 104.42]) et NPV: 54.17% (IC₉₅ [34.23 – 74.10]), n = 36).

Evaluation des combinaisons de 3 séquences :

Evaluation du LA : 6 combinaisons de séquences (identifiables dans le Tableau 3) étaient les plus performantes avec Eff : 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) et avec de petits effectif : n moyen = 3 [2 – 4]. Concernant les combinaisons de séquences (n = 7) avec au moins 30 LA évalués, la combinaison coronale T1 avec axiale DPFS et sagittale DPFS était la plus performante avec Eff : 72.22% (IC₉₅ [57.59 – 86.85]) (Se: 91.67% (IC₉₅ [76.03 – 107.30]), Sp: 62.50% (IC₉₅ [43.13 – 81.87]), PPV: 55.00% (IC₉₅ [33.20 – 76.80]) et NPV: 93.75% (IC₉₅ [81.89 – 105.61]), n = 36).

Evaluation de la PA : la combinaison coronale DPFS avec axiale et coronale T1 FSIG était la plus performante avec Eff : 75.00% (IC₉₅ [32.56 – 117.44]) et avec un petit effectif : n = 4. Une seule combinaison de séquences (n=1) détenait au moins 30 PA évaluées : axiale T1 avec axiale DPFS et coronale DPFS, Eff : 62.50% (IC₉₅ [45.73 – 79.27]) (Se: 63.64% (IC₉₅ [35.31 – 92.06]), Sp: 61.90% (IC₉₅ [41.13 – 82.68]), PPV: 46.67% (IC₉₅ [21.42 – 71.91]) et NPV: 76.47% (IC₉₅ [56.31 – 96.63]), n = 32).

Evaluation des combinaisons de 4 séquences :

Evaluation du LA : 7 combinaisons de séquences (identifiables dans le Tableau 3) étaient les plus performantes avec Eff : 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) et avec de petits effectifs : n moyen = 2.29 [2 – 4]. Concernant les combinaisons (n = 7) avec au moins 30 LA évalués, la combinaison coronale T1 avec axiale DPFS, coronale DPFS et sagittale DPFS était la plus performante avec Eff : 63.89% (IC₉₅ [48.20 – 79.58]) (Se: 91.67% (IC₉₅ [76.03 – 107.30]), Sp: 50.00% (IC₉₅ [30.00 – 70.00]), PPV: 47.83% (IC₉₅ [27.41 – 68.24]) et NPV: 92.31% (IC₉₅ [77.82 – 106.79]), n = 36).

Evaluation de la PA : 5 combinaisons de séquences (identifiables dans le Tableau 4) étaient les plus performantes avec Eff : 66.67% (IC₉₅ [28.95 – 104.39]) et avec de petits effectifs : n

moyen = 5,4 [3 – 6]. Aucune combinaison de séquences ne détenait au moins 30 PA analysées.

Evaluation des combinaisons de 5 séquences :

Evaluation du LA : 4 combinaisons de séquences (identifiables dans le Tableau 3) étaient les plus performantes avec Eff : 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) et avec de petits effectifs : n moyen = 2. Aucune combinaison de séquences ne détenait au moins 30 AL analysés.

Evaluation de la PA : la combinaison axiale T1 avec axiale DPFS, coronale DPFS, axiale T1 PV et axiale T1 FSIG était la plus performante avec Eff : 66.67% (IC₉₅ [28.95 – 104.39]) et avec un petit effectif : n = 6. Aucune combinaison de séquences ne détenait au moins 30 PA analysées.

Evaluation des combinaisons de 6 séquences :

Evaluation du LA : la combinaison coronale T1 avec axiale DPFS, coronale DPFS, sagittale DPFS, axiale T1 FSIG et coronale T1 FSIG était la plus performante avec Eff : 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]) et avec un petit effectif : n = 2. Aucune combinaison de séquences ne détenait au moins 30 AL analysés.

Evaluation de la PA : la combinaison axiale T1 avec coronale T1, axiale DPFS, coronale DPFS, axiale T1 FSIG et coronale T1 FSIG était la plus performante avec Eff : 50.00% (IC₉₅ [-19.30 – 119.30]) et avec un petit effectif : n = 2. Aucune combinaison de séquences ne détenait au moins 30 PA analysées.

Evaluation des combinaisons de 7 séquences :

Aucune combinaison de 7 séquences ne permettait d'analyser 1 tendon LA ou 1 PA.

Evaluation globale:

Evaluation du LA : l'IRM présente les performances suivantes Se : 83.25% (IC₉₅ [73.29 – 93.20]), Sp : 77.36% (IC₉₅ [66.20 – 88.52]), VPP : 66.19% (IC₉₅ [53.57 – 78.81]) et VPN : 91.52% (IC₉₅ [84.10 – 98.95]), Eff : 80.20% (IC₉₅ [69.57 – 90.83]) (n = 378, n moyen = 54.00 [46 – 82] AL analysés).

Evaluation de la PA : Se : 84.42% (IC₉₅ [73.91 – 95.93]), Sp : 36.30% (IC₉₅ [21.04 – 51.56]), VPP : 55.69% (IC₉₅ [39.92 – 71.46]) et VPN : 82.21% (IC₉₅ [70.07 – 94.35]), Eff : 63.42% (IC₉₅ [48.13 – 78.71]) (n = 267, n moyen = 38.14 [6 – 76] PA analysées).

III.2. Discussion

Nous avons évalué les performances diagnostiques de 8 séquences d'IRM (seules et en combinaisons) dans le diagnostic de la PCS, en comparaison à la chirurgie qui était notre gold standard. La performance globale de l'IRM était Eff : 80.20% dans les lésions du LA et 63.42% dans les lésions de la PA. Les séquences coronale T1 FSIG et axiale T1 PV étaient les plus fiables avec, respectivement, Eff : 91.67% dans les lésions du LA et 83.33% dans les lésions de la PA.

D'après ces résultats, et en tenant compte des données de la littérature, nous proposons un protocole adapté au diagnostic de la PCS, en particulier pour le diagnostic des lésions du LA et de la PA, en un temps acceptable. Celui-ci comporte 4 séquences : coronale T1 avec axiale DPFS (dans un plan oblique adapté à l'étude de la PS et des LA), sagittale DPFS et

axiale T1 PV. Ce protocole sans injection de produit de contraste devrait être largement acceptable en pratique courante avec une Eff : 77.78% (IC₉₅ [58.57 – 96.98]) (Se: 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00]), Sp: 69.23% (IC₉₅ [44.14 – 94.32] PPV: 55.56% (IC₉₅ [23.09 – 88.02] et NPV: 100.00% (IC₉₅ [100.00 – 100.00])) avec une durée moyenne de 10 minutes 36 secondes.

A propos de l'injection de gadolinium. Les séquences axiale et coronale T1 FSIG étaient, malgré de faibles effectifs, les plus performantes de toutes (Eff : respectivement 84.62% et 97.67%) pour les lésions du LA. De fait, en imagerie ostéo-articulaire, l'injection de gadolinium permet de sensibiliser la détection des lésions tendineuses [76]. Cependant, nous pensons que le recours à ce type de séquences devrait être réservé à un faible nombre de cas litigieux avec forte suspicion clinique de lésion du tendon LA ou à l'imagerie post-opératoire. Ceci étant renforcé par les récentes controverses concernant les dépôts tissulaires de gadolinium en particulier dans le cerveau et le risque de fibrose néphrogénique systémique [34][77]. La séquence axiale DPFS dans le plan symphysaire était la deuxième plus performante (Eff : 84.15%) dans le diagnostic des lésions du LA. Le recours à ce plan oblique permet une évaluation précise et discriminante des différents types de lésions du tendon LA en plus de sa capacité à étudier les atteintes symphysaires actives. Ceci permet en particulier de rechercher un œdème par traction (et donc une forme musculo-tendineuse) surajouté à un œdème en miroir d'ostéo-arthropathie pubienne. Cette séquence est également utile dans l'élimination de diagnostics différentiels, et en particulier les tendinopathies abarticulaires de hanche, les pathologies labrales et les fractures pelviennes de contrainte (Omar 2008). La séquence sagittale DPFS centrée sur la SP était également performante (Eff : 72.97%) et très utile. Le plan sagittal (avec FOV réduite) permet une étude discriminative précise des lésions du tendon LA, en particulier les fissures étendues à l'aponévrose du GD où aux autres adducteurs [21]. La séquence axiale T1 PV était performante (Eff : 83.33% avec de faibles effectifs : 6 PA analysées) et très prometteuse dans l'analyse des CI. Le large FOV permet une évaluation de la symphyse (en particuliers des remaniements structuraux chroniques) et de la paroi abdominale (bilatéralement) tandis que l'élévation volontaire de la pression abdominale permet de sensibiliser un bombement pariétal (via le FT) et donc la recherche d'une ébauche de hernie. La séquence coronale T1 était la quatrième meilleure séquence dans l'évaluation des lésions tendineuses du LA (Eff : 73.91). En plus de ces performances honnêtes, elle permet une évaluation des remaniements structuraux de la SP mais aussi de rechercher diagnostics différentiels comme les pathologies coxo-fémorales (avec l'aide de la séquence axiale T1 pour la recherche de conflits fémoro-acétabulaires par exemple) [22].

Enfin, ce protocole d'IRM pelvienne en un temps réduit (10:36 contre 19:07 pour le protocole complet) permet une évaluation précise du tendon LA et de la PA, tout en minimisant le risque de mouvements, qui sont à l'origine des artéfacts les plus gênants pour l'interprétation de la sémiologie ténue de la PCS.

A notre connaissance, seules deux études menées par Zoga et al. et Larbi et al. ont comparé les données de l'IRM à l'évaluation chirurgicale (avec respectivement 102 et 18 patients) dans le diagnostic de la PCS [21][20].

Dans l'étude de Zoga, les sensibilité et spécificité de l'IRM dans le diagnostic des lésions des tendons adducteurs étaient respectivement de 86% et 89%. D'excellents résultats ont été rapportés pour la corrélation IRM – chirurgie dans le diagnostic des lésions pariétales et musculo-tendineuses. Quoi qu'il en soit, cette étude présente quelques limites : Les IRM

provenaient de multiples centres avec des protocoles d'exploration et des machines disparates. Leur groupe contrôle n'était pas apparié par activité physique et plus petit que le groupe patients, en raison des limites de disponibilité de l'IRM chez des patients asymptomatiques appariés pour l'âge et le genre. Enfin, l'évaluation n'a pas différencié les lésions du LA des autres adducteurs, elle n'a pas non plus décrit précisément les lésions de la PA et le protocole chirurgical.

Dans l'étude de Larbi et al. les Se, Sp, VPP, VPN et Eff dans le diagnostic des lésions du tendon LA et de la PA n'ont pas été évaluées. Il s'agissait d'une étude cas-témoin pilote qui a montré que l'IRM était bien corrélée à la chirurgie dans les PCS de formes musculo-tendineuse (AL) et pariétale (PA) si l'on considérait une analyse binaire (« atteint » ou « non-atteint », respectivement 100% pour le tendon LA et 73% pour la PA) ; cette corrélation étant plus faible si l'on essayait de décrire précisément ces lésions. Cependant cette étude avait ses limites, notamment la faible puissance due au petit nombre de patients inclus, néanmoins appariés par activité physique, âge et genre.

Nos résultats principaux sont concordants avec la littérature de la PCS. Notre sensibilité élevée dans le diagnostic des lésions du LA (83.25%) était cohérente avec l'étude de Zoga et al. (86%). La corrélation étant plus faible pour la spécificité (77.36% contre 89%) et la VPP (66.19% contre 96%). Cela pourrait s'expliquer par la variabilité des protocoles et des machines utilisés dans leur étude et le recours à des séquences pondérées T2 et Short Time Inversion Recovery (STIR) [21]. De fait, dans notre étude, les séquences avaient des caractéristiques reproductibles entre chaque patient, et étaient réalisées sur la même machine.

Notre efficacité globale concernant le tendon LA et la PA (respectivement 80.20% et 63.42%) était légèrement plus faible que la corrélation de Larbi et al. (respectivement 100% et 73%), en prenant en compte leur méthode d'analyse statistique différente et un effectif plus large dans notre série, ce qui pourrait peut-être refléter de façon plus fidèle les performances réelles de l'IRM. Néanmoins, concernant l'évaluation symphysaire, nos résultats descriptifs étaient cohérents (Œdème trabéculaire bilatéral (12% contre 14%) et les fentes secondaires (11% contre 7%)) [20].

Enfin, les résultats de notre étude pourraient paraître assez redondants avec le travail de Branci et al. en particulier concernant la nécessité d'un recours à 2 plans orthogonaux pour les séquences sensibles à l'eau (T2, DP et STIR) pour déceler les lésions du LA et les différencier des atteintes capsulaires de la SP [30]. La différence entre nos deux travaux réside surtout dans la méthode d'analyse et les objectifs respectifs de nos protocoles. De fait, leur analyse a été réalisée sur la base d'une concordance intra et inter-observateurs sans comparaison à la chirurgie comme gold standard. De plus, leur protocole (avec 8 séquences) vise essentiellement les PCS de forme ostéo-articulaire et musculo-tendineuse (LA), sans évaluation pariétale en dehors des lésions des GD. A contrario, notre protocole offre une évaluation globale et propose un bilan pré-chirurgical avec 4 séquences.

Notre étude présente des limites. Premièrement, notre puissance est diminuée en rapport avec le faible nombre de patients inclus (n = 43) mais à notre connaissance, il s'agit de la série homogène la plus importante dans l'évaluation des performances diagnostiques des séquences d'IRM (seules et en combinaisons) dans l'étude de la PCS en comparaison à la chirurgie comme gold standard. Deuxièmement, le niveau de preuves diminue avec le design rétrospectif de notre travail. Les protocoles d'exploration variaient entre les patients et

certain effectifs étaient particulièrement réduits notamment pour les combinaisons incluant les séquences T1 FSIG ou axiale T1 PV. Par contre, les caractéristiques des séquences étaient reproductibles au sein de notre population, les examens étaient réalisés par la même machine, revus par le même radiologue et le chirurgien était le même pour tous les patients. Une étude prospective complémentaire devra être réalisée en vue de confirmer les performances propres de la séquence dynamique axiale T1 PV. Troisièmement, les concordances intra et inter-observateur n'ont pas été calculées dans notre analyse statistique, de fait notre but n'était pas d'évaluer la reproductibilité des radiologues ostéo-articulaires mais les performances de l'IRM face à la chirurgie. Enfin, notre analyse a été réalisée sur la base de 86 tendons LA et 86 PA évaluées (côtés droits et gauches chez 43 patients). Les tendons LA et les PA asymptomatiques n'ont pas été opérés et ont été considérées comme « cliniquement normaux » de façon à permettre les calculs de Se, Sp, VPP, VPN et d'efficacité. 31 lésions de tendons LA (52%) et 16 lésions de PA (43%) ont été décelées en IRM et non opérées. Une explication pourrait émaner des caractéristiques athlétiques de notre population et de la grande prévalence d'anomalies asymptomatiques intéressant ces tendons LA (jusqu'à 100% selon l'étude de Bise et al. (2017, en cours de revue)). L'évaluation de la prévalence des anomalies IRM dans l'étude des tendons LA et des PA pourra constituer une étude à part entière.

CONCLUSION

Notre étude a évaluée la valeur diagnostique de huit séquences d'IRM (seules et en combinaisons), dans le diagnostic de la PCS de forme musculo-tendineuse (LA) et pariétale (PA), en comparaison à la chirurgie. Sur la base de ces résultats, nous proposons un protocole IRM fiable et simple en quatre séquences : coronale T1 – axiale DPFS – sagittale DPFS – axiale T1 dynamique en PV, et en un temps acceptable. Une étude prospective confirmant la valeur propre de la séquence axiale T1 PV devra être réalisée.

Références bibliographiques

- [1] P. L. Puig, P. Trouve, et L. Savalli, « [Pubalgia: from diagnosis to return to the sports field] », *Ann Readapt Med Phys*, vol. 47, n° 6, p. 356-364, août 2004.
- [2] O. L. Santilli, N. Nardelli, H. A. Santilli, et D. E. Tripoloni, « Sports hernias: experience in a sports medicine center », *Hernia*, mars 2015.
- [3] J. W. Orchard, « Men at higher risk of groin injuries in elite team sports: a systematic review », *Br J Sports Med*, vol. 49, n° 12, p. 798-802, juin 2015.
- [4] A. G. Schache, S. J. Woodley, E. Schilders, J. W. Orchard, et K. M. Crossley, « Anatomical and morphological characteristics may explain why groin pain is more common in male than female athletes », *Br J Sports Med*, vol. 51, n° 7, p. 554-555, avr. 2017.
- [5] A. J. Farber et J. H. Wilckens, « Sports hernia: diagnosis and therapeutic approach », *J Am Acad Orthop Surg*, vol. 15, n° 8, p. 507-514, août 2007.
- [6] P. Renström et L. Peterson, « Groin injuries in athletes », *Br J Sports Med*, vol. 14, n° 1, p. 30-36, mars 1980.
- [7] S. J. Nicholas et T. F. Tyler, « Adductor muscle strains in sport », *Sports Med*, vol. 32, n° 5, p. 339-344, 2002.
- [8] P. Hölmich, « Long-standing groin pain in sportspeople falls into three primary patterns, a “clinical entity” approach: a prospective study of 207 patients », *Br J Sports Med*, vol. 41, n° 4, p. 247-252; discussion 252, avr. 2007.
- [9] A. J. Sheen *et al.*, « “Treatment of the sportsman’s groin”: British Hernia Society’s 2014 position statement based on the Manchester Consensus Conference », *Br J Sports Med*, vol. 48, n° 14, p. 1079-1087, juill. 2014.
- [10] A. Weir *et al.*, « Doha agreement meeting on terminology and definitions in groin pain in athletes », *Br J Sports Med*, vol. 49, n° 12, p. 768-774, juin 2015.
- [11] E. Schilders, J. C. Talbot, P. Robinson, A. Dimitrakopoulou, W. W. Gibbon, et Q. Bismil, « Adductor-related groin pain in recreational athletes: role of the adductor enthesis, magnetic resonance imaging, and enthesal pubic cleft injections », *J Bone Joint Surg Am*, vol. 91, n° 10, p. 2455-2460, oct. 2009.
- [12] P. Hölmich *et al.*, « Effectiveness of active physical training as treatment for long-standing adductor-related groin pain in athletes: randomised trial », *Lancet*, vol. 353, n° 9151, p. 439-443, févr. 1999.
- [13] A. Serner *et al.*, « Can standardised clinical examination of athletes with acute groin injuries predict the presence and location of MRI findings? », *Br J Sports Med*, vol. 50, n° 24, p. 1541-1547, déc. 2016.
- [14] M. Schöberl *et al.*, « Non-surgical treatment of pubic overload and groin pain in amateur football players: a prospective double-blinded randomised controlled study », *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, janv. 2017.
- [15] S. W. Cheatham, M. J. Kolber, et K. K. Shimamura, « The Effectiveness of Nonoperative Rehabilitation Programs for Athletes Diagnosed With Osteitis Pubis », *J Sport Rehabil*, vol. 25, n° 4, p. 399-403, déc. 2016.
- [16] P. L. Picard, G. Reboul, et Z. Vuckovic, « Le traitement chirurgical des pubalgies », [/data/revues/07651597/v28i4/S0765159713001020/](#), sept. 2013.
- [17] E. King, J. Ward, L. Small, E. Falvey, et A. Franklyn-Miller, « Athletic groin pain: a systematic review and meta-analysis of surgical versus physical therapy rehabilitation outcomes », *Br J Sports Med*, vol. 49, n° 22, p. 1447-1451, nov. 2015.
- [18] P. Hölmich, « Groin injuries in athletes--development of clinical entities, treatment,

and prevention », *Dan Med J*, vol. 62, n° 12, p. B5184, déc. 2015.

- [19] D. de Sa *et al.*, « Athletic groin pain: a systematic review of surgical diagnoses, investigations and treatment », *Br J Sports Med*, vol. 50, n° 19, p. 1181-1186, oct. 2016.
- [20] A. Larbi *et al.*, « MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study », *Orthop Traumatol Surg Res*, vol. 102, n° 6, p. 747-754, oct. 2016.
- [21] A. C. Zoga *et al.*, « Athletic pubalgia and the “sports hernia”: MR imaging findings », *Radiology*, vol. 247, n° 3, p. 797-807, juin 2008.
- [22] I. M. Omar *et al.*, « Athletic pubalgia and “sports hernia”: optimal MR imaging technique and findings », *Radiographics*, vol. 28, n° 5, p. 1415-1438, oct. 2008.
- [23] L. Pesquer, G. Reboul, A. Silvestre, N. Poussange, P. Meyer, et B. Dallaudière, « Imaging of adductor-related groin pain », *Diagn Interv Imaging*, vol. 96, n° 9, p. 861-869, sept. 2015.
- [24] A. Chopra et P. Robinson, « Imaging Athletic Groin Pain », *Radiologic Clinics of North America*, vol. 54, n° 5, p. 865-873, sept. 2016.
- [25] D. C. Zajick, A. C. Zoga, I. M. Omar, et W. C. Meyers, « Spectrum of MRI findings in clinical athletic pubalgia », *Semin Musculoskelet Radiol*, vol. 12, n° 1, p. 3-12, mars 2008.
- [26] C. J. Hiti, K. J. Stevens, M. K. Jamati, D. Garza, et G. O. Matheson, « Athletic osteitis pubis », *Sports Med*, vol. 41, n° 5, p. 361-376, mai 2011.
- [27] P. Robinson, D. A. Barron, W. Parsons, A. J. Grainger, E. M. G. Schilders, et P. J. O'Connor, « Adductor-related groin pain in athletes: correlation of MR imaging with clinical findings », *Skeletal Radiol.*, vol. 33, n° 8, p. 451-457, août 2004.
- [28] P. M. Cunningham, D. Brennan, M. O'Connell, P. MacMahon, P. O'Neill, et S. Eustace, « Patterns of bone and soft-tissue injury at the symphysis pubis in soccer players: observations at MRI », *AJR Am J Roentgenol*, vol. 188, n° 3, p. W291-296, mars 2007.
- [29] G. Murphy, P. Foran, D. Murphy, O. Tobin, M. Moynagh, et S. Eustace, « “Superior cleft sign” as a marker of rectus abdominus/adductor longus tear in patients with suspected sportsman's hernia », *Skeletal Radiol.*, vol. 42, n° 6, p. 819-825, juin 2013.
- [30] S. Branci *et al.*, « The Copenhagen Standardised MRI protocol to assess the pubic symphysis and adductor regions of athletes: outline and intratester and intertester reliability », *Br J Sports Med*, vol. 49, n° 10, p. 692-699, mai 2015.
- [31] A. Dimitrakopoulou et E. Schilders, « Sportsman's hernia? An ambiguous term », *J Hip Preserv Surg*, vol. 3, n° 1, p. 16-22, avr. 2016.
- [32] W. G. Putschar, « The structure of the human symphysis pubis with special consideration of parturition and its sequelae », *Am. J. Phys. Anthropol.*, vol. 45, n° 3 part. 2, p. 589-594, nov. 1976.
- [33] J. G. Gamble, S. C. Simmons, et M. Freedman, « The symphysis pubis. Anatomic and pathologic considerations », *Clin. Orthop. Relat. Res.*, n° 203, p. 261-272, févr. 1986.
- [34] D. J. Coker et A. C. Zoga, « The Role of Magnetic Resonance Imaging in Athletic Pubalgia and Core Muscle Injury », *Top Magn Reson Imaging*, vol. 24, n° 4, p. 183-191, août 2015.
- [35] G. G. Walheim et G. Selvik, « Mobility of the pubic symphysis. In vivo measurements with an electromechanic method and a roentgen stereophotogrammetric method », *Clin. Orthop. Relat. Res.*, n° 191, p. 129-135, déc. 1984.
- [36] D. J. Tuite, P. J. Finegan, A. P. Saliaris, P. A. Renström, B. Donne, et M. O'Brien, « Anatomy of the proximal musculotendinous junction of the adductor longus muscle », *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, vol. 6, n° 2, p. 134-137, 1998.



- [37] C. Akermark et C. Johansson, « Tenotomy of the adductor longus tendon in the treatment of chronic groin pain in athletes », *Am J Sports Med*, vol. 20, n° 6, p. 640-643, déc. 1992.
- [38] S. Branci, K. Thorborg, M. B. Nielsen, et P. Hölmich, « Radiological findings in symphyseal and adductor-related groin pain in athletes: a critical review of the literature », *Br J Sports Med*, vol. 47, n° 10, p. 611-619, juill. 2013.
- [39] A. Palisch, A. C. Zoga, et W. C. Meyers, « Imaging of athletic pubalgia and core muscle injuries: clinical and therapeutic correlations », *Clin Sports Med*, vol. 32, n° 3, p. 427-447, juill. 2013.
- [40] L. Pesquer *et al.*, « Imaging of rectus femoris proximal tendinopathies », *Skeletal Radiol.*, vol. 45, n° 7, p. 889-897, juill. 2016.
- [41] J. N. Harr et F. Brody, « Sports hernia repair with adductor tenotomy », *Hernia*, août 2016.
- [42] F. J. Milloy, B. J. Anson, et D. K. McAfee, « The rectus abdominis muscle and the epigastric arteries », *Surg Gynecol Obstet*, vol. 110, p. 293-302, mars 1960.
- [43] S. S. Das, S. Saluja, et N. Vasudeva, « Biometrics of Pyramidalis Muscle and its Clinical Importance », *J Clin Diagn Res*, vol. 11, n° 2, p. AC05-AC07, févr. 2017.
- [44] E. J. Strauss, K. Campbell, et J. A. Bosco, « Analysis of the cross-sectional area of the adductor longus tendon: a descriptive anatomic study », *Am J Sports Med*, vol. 35, n° 6, p. 996-999, juin 2007.
- [45] U. Muschaweck et L. Berger, « Minimal Repair technique of sportsmen's groin: an innovative open-suture repair to treat chronic inguinal pain », *Hernia*, vol. 14, n° 1, p. 27-33, févr. 2010.
- [46] M. Tijssen, R. E. H. van Cingel, E. de Visser, P. Hölmich, et M. W. G. Nijhuis-van der Sanden, « Hip joint pathology: relationship between patient history, physical tests, and arthroscopy findings in clinical practice », *Scand J Med Sci Sports*, vol. 27, n° 3, p. 342-350, mars 2017.
- [47] M. Paksoy et Ü. Sekmen, « Sportsman hernia; the review of current diagnosis and treatment modalities », *Ulus Cerrahi Derg*, vol. 32, n° 2, p. 122-129, 2016.
- [48] D. de Sa *et al.*, « Athletic groin pain: a systematic review of surgical diagnoses, investigations and treatment », *Br J Sports Med*, vol. 50, n° 19, p. 1181-1186, oct. 2016.
- [49] A. G. Angoules, « Osteitis pubis in elite athletes: Diagnostic and therapeutic approach », *World J Orthop*, vol. 6, n° 9, p. 672-679, oct. 2015.
- [50] N. H. Harris et R. O. Murray, « Lesions of the symphysis in athletes », *Br Med J*, vol. 4, n° 5938, p. 211-214, oct. 1974.
- [51] P. R. Williams, D. P. Thomas, et E. M. Downes, « Osteitis pubis and instability of the pubic symphysis. When nonoperative measures fail », *Am J Sports Med*, vol. 28, n° 3, p. 350-355, juin 2000.
- [52] E. Kanterewicz, R. Sanmartí, D. Pañella, et J. Brugués, « Tendon calcifications of the hip adductors in chondrocalcinosis: a radiological study of 75 patients », *Br. J. Rheumatol.*, vol. 32, n° 9, p. 790-793, sept. 1993.
- [53] D. A. Jamadar *et al.*, « Sonography of inguinal region hernias », *AJR Am J Roentgenol*, vol. 187, n° 1, p. 185-190, juill. 2006.
- [54] P. Steele, P. Annear, et J. R. Grove, « Surgery for posterior inguinal wall deficiency in athletes », *J Sci Med Sport*, vol. 7, n° 4, p. 415-421; discussion 422-423, déc. 2004.
- [55] P. Robinson, E. Hensor, M. J. Lansdown, N. S. Ambrose, et A. H. Chapman, « Inguinofemoral hernia: accuracy of sonography in patients with indeterminate clinical

- features », *AJR Am J Roentgenol*, vol. 187, n° 5, p. 1168-1178, nov. 2006.
- [56] J. W. Orchard, J. W. Read, et I. J. F. Anderson, « The use of diagnostic imaging in sports medicine », *Med. J. Aust.*, vol. 183, n° 9, p. 482-486, nov. 2005.
- [57] O. L. Santilli, N. Nardelli, H. A. Santilli, et D. E. Tripoloni, « Sports hernias: experience in a sports medicine center », *Hernia*, vol. 20, n° 1, p. 77-84, févr. 2016.
- [58] G. Rossidis *et al.*, « Laparoscopic hernia repair with adductor tenotomy for athletic pubalgia: an established procedure for an obscure entity », *Surg Endosc*, vol. 29, n° 2, p. 381-386, févr. 2015.
- [59] J. M. Minnich, J. B. Hanks, U. Muschaweck, L. M. Brunt, et D. R. Diduch, « Sports hernia: diagnosis and treatment highlighting a minimal repair surgical technique », *Am J Sports Med*, vol. 39, n° 6, p. 1341-1349, juin 2011.
- [60] J. J. Le Jeune, P. Rochcongar, F. Vazelle, A. M. Bernard, J. Y. Herry, et A. Ramée, « Pubic pain syndrome in sportsmen: comparison of radiographic and scintigraphic findings », *Eur J Nucl Med*, vol. 9, n° 6, p. 250-253, 1984.
- [61] M. A. Holt, J. S. Keene, B. K. Graf, et D. C. Helwig, « Treatment of osteitis pubis in athletes. Results of corticosteroid injections », *Am J Sports Med*, vol. 23, n° 5, p. 601-606, oct. 1995.
- [62] F. Zeitoun, B. Frot, P. Sterin, et J. M. Tubiana, « [Pubalgia in sportsmen] », *Ann Radiol (Paris)*, vol. 38, n° 5, p. 244-254, 1995.
- [63] M. M. Panjabi, « The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement », *J Spinal Disord*, vol. 5, n° 4, p. 383-389; discussion 397, déc. 1992.
- [64] T. F. Schlegel, B. D. Bushnell, J. Godfrey, et M. Boublik, « Success of nonoperative management of adductor longus tendon ruptures in National Football League athletes », *Am J Sports Med*, vol. 37, n° 7, p. 1394-1399, juill. 2009.
- [65] B. Dallaudière *et al.*, « Intratendinous injection of platelet-rich plasma under US guidance to treat tendinopathy: a long-term pilot study », *J Vasc Interv Radiol*, vol. 25, n° 5, p. 717-723, mai 2014.
- [66] C. Moreno, G. Mattiussi, F. Javier Núñez, G. Messina, et E. Rejc, « Intratissue Percutaneous Electolysis (EPI®) combined with Active Physical Therapy for the treatment of Adductor Longus Enthesopathy-related Groin Pain: a randomised trial », *J Sports Med Phys Fitness*, janv. 2017.
- [67] D. K. Matsuda, B. Sehgal, et N. A. Matsuda, « Endoscopic Pubic Symphysectomy for Athletic Osteitis Pubis », *Arthrosc Tech*, vol. 4, n° 3, p. e251-254, juin 2015.
- [68] D. K. Matsuda, M. Ribas, N. A. Matsuda, et B. G. Domb, « Multicenter Outcomes of Endoscopic Pubic Symphysectomy for Osteitis Pubis Associated With Femoroacetabular Impingement », *Arthroscopy*, vol. 31, n° 7, p. 1255-1260, juill. 2015.
- [69] O. Mei-Dan *et al.*, « Adductor tenotomy as a treatment for groin pain in professional soccer players », *Orthopedics*, vol. 36, n° 9, p. e1189-1197, sept. 2013.
- [70] J. W. Orchard, J. L. Cook, et N. Halpin, « Stress-shielding as a cause of insertional tendinopathy: the operative technique of limited adductor tenotomy supports this theory », *J Sci Med Sport*, vol. 7, n° 4, p. 424-428, déc. 2004.
- [71] I. J. Robertson, C. Curran, N. McCaffrey, C. J. Shields, et G. P. McEntee, « Adductor tenotomy in the management of groin pain in athletes », *Int J Sports Med*, vol. 32, n° 1, p. 45-48, janv. 2011.
- [72] H. D. E. Atkinson, P. Johal, M. S. Falworth, V. S. Ranawat, B. Dala-Ali, et D. K. Martin, « Adductor tenotomy: its role in the management of sports-related chronic groin

pain », *Arch Orthop Trauma Surg*, vol. 130, n° 8, p. 965-970, août 2010.

[73] S. Hopp, M. Tumin, P. Wilhelm, T. Pohlemann, et J. Kelm, « Arthroscopic pubic symphysis debridement and adductor enthesis repair in athletes with athletic pubalgia: technical note and video illustration », *Arch Orthop Trauma Surg*, vol. 134, n° 11, p. 1595-1599, nov. 2014.

[74] H. Pokorny *et al.*, « Fast Early Recovery After Transabdominal Preperitoneal Repair in Athletes with Sportsman's Groin: A Prospective Clinical Cohort Study », *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, vol. 27, n° 3, p. 272-276, mars 2017.

[75] S. A. Antoniou, R. Pointner, et F. A. Granderath, « Current treatment concepts for groin hernia », *Langenbecks Arch Surg*, vol. 399, n° 5, p. 553-558, juin 2014.

[76] A. Shalabi, M. Kristoffersen-Wiberg, P. Aspelin, et T. Movin, « MR evaluation of chronic Achilles tendinosis. A longitudinal study of 15 patients preoperatively and two years postoperatively », *Acta Radiol*, vol. 42, n° 3, p. 269-276, mai 2001.

[77] M. Ramalho, J. Ramalho, L. M. Burke, et R. C. Semelka, « Gadolinium Retention and Toxicity-An Update », *Adv Chronic Kidney Dis*, vol. 24, n° 3, p. 138-146, mai 2017.

Annexes

Annexe 1. Notre étude préliminaire publiée dans OTSR : MRI in patients with chronic pubalgia: is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study

ARTICLE IN PRESS
 Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research xxx (2016) xxx-xxx

Available online at www.elsevier.com/locate/orthotra

Elsevier Masson France
 EM consulte
www.em-consulte.com/en

Original article
MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study

A. Larbi^a, L. Pesquet^b, G. Reboliv^c, P. Omoumi^a, A. Perozzello^d, P. Abadie^e, P. Loriaud^f, P. Copin^g, E. Ducouret^h, B. Dallaudière^h*

^a Département de radiologie, cliniques universitaires Saint-Luc, 10, Hippocrate avenue, Brussels, Belgium
^b Centre d'imagerie musculo-squelettique, clinique du sport de Bordeaux-Mérignac, 2 rue Négrepierre, 33000 Mérignac, France
^c Laboratoire de Biomécanique, université Paris Diderot, 40, rue Henri-Lectier, 75018 Paris, France
^d Service de radiologie, CHU Bicêtre, AP-HP, 46, rue Henri-Dunant, 92018 Paris, France
^e Département de radiologie, CHU Dupuytren, avenue Miram-Liuhér, 87000 Limoges, France
^f Département de diagnostic et interventionnel radiologie, Hôpital 46, 1011 Louvain-la-Neuve, Switzerland

ARTICLE INFO

Background: Recent studies described that MRI is a good examination to assess damage in chronic athletic pubalgia (AP). However, to our knowledge, no studies focus on systematic correlation of precise tendon or parietal lesion in MRI with surgery and histological assessment. Therefore, we performed a case-control study to determine if MRI can precisely assess Adductor longus (AL) tendinopathy and parietal lesion, compared with surgery and histology.

Hypothesis: MRI can determine if AP comes from pubis symphysis, musculotendinous or inguinal orifice structures.

Material/Methods: Eighteen consecutive patients were enrolled from November 2011 to April 2013 for chronic AP. To constitute a control group, we also enrolled 18 asymptomatic men. All MRI were reviewed in consensus by 2 skeletal radiologists for pubic symphysis, musculotendinous, abdominal wall assessment and compared to surgery and histology findings.

Results: Regarding pubis symphysis, we found 4 symmetric bone marrow oedema (14%), 2 secondary cleft (7%) and 2 superior ligaments lesions (7%). For AL tendon, we mainly found 13 asymmetric bone marrow oedema (68%), 15 hyperaemia (58%). Regarding abdominal wall, the deep inguinal orifice size in the group of symptomatic athletes and the control group was respectively 27.3 ± 6.4 mm and 23.8 ± 6.3 mm. The correlation between MRI and surgery/histology was low: 20% for the AL tendon and 58% for the abdominal wall. If we chose the criteria "affected versus unaffected", this correlation became higher: 100% for AL tendon and 78% for the abdominal wall.

Conclusion: MRI chronic athletic pubalgia concerns preferentially AL tendinopathy and deep inguinal canal dehiscence with high correlation to surgery/histology when only considering the item "affected versus unaffected" despite low correlation when we try to precisely grade these lesions.

Level of evidence: III; case-control study.

© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

1. Introduction

Athletic pubalgia (AP) is a common condition in athletes [1,2], in particular soccer and rugby players [3]. It is defined by pain in the pubic region during sports, hip extension and twisting [4,5]. Diagnosis is based on patient's history, clinical signs and increasingly, MRI [6,7]. AP can be divided in three patterns:

- in pubic symphysis arthritis, there is symmetric bone marrow oedema and "secondary cleft sign" [8];
- adductor longus (AL) or Rectus abdominis (RA) tendinopathy represented by unilateral bone marrow oedema and tendon tear [9];
- inguinal canal dehiscence with parietal lesion [9].

Unfortunately, these lesions can be entangled [1,10] and there is no consensus on the prevalence of articular and soft tissue involvement [7,11].

Many studies describe MRI patterns in athletes [12] with good accuracy for MRI. Indeed, in the most important retrospective

* Corresponding author. Tel.: +33 069808892; fax: +33056181912.
 E-mail address: benjamin.dallaudiere@gmail.com (B. Dallaudière).
<http://dx.doi.org/10.1016/j.orthtra.2016.03.001>
 1877-0568/© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Please cite this article in press as: Larbi A, et al. MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study. Orthop Traumatol Surg Res (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.orthtra.2016.03.001>

ARTICLE IN PRESS
 A. Larbi et al. / Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research xxx (2016) xxx-xxx

Fig. 1. MRI of the pubic symphysis, coronal view: (a) proton density with fat saturation DPFS, note the normal aspect of the pubic symphysis (arrowhead); (b) DPFS, note the symmetric high signal intensity (bone marrow oedema) spanning the symphysis anteriorly to posteriorly (asterisk); (c) DPFS, note the secondary cleft demonstrated fluid signal intensity and was continuous with the physiologic cleft on the left side (curve arrow); (d) T1 after gadolinium with fat suppression, note the normal aspect of the superior ligament; (e) T1 after gadolinium with fat suppression, note the enhancement and thickness of the superior ligament.

Fig. 2. MRI of the pubic symphysis, coronal view: (a) T1 after gadolinium with fat suppression, note the tendon hyperemia and the enthesopathy on the left side (curve arrow); (b) T1 after gadolinium with fat suppression, note the tear of the right Adductor longus tendon (long arrow); (c) DPFS, note the normal aspect of the pubic symphysis; (d) proton density with fat saturation DPFS, note the oedema of the left side of the pubic symphysis (short arrow); (e) T1, note the normal thickness of the Adductor longus tendon; (f) T1, note the increase of the thickness of the right Adductor longus tendon.

Please cite this article in press as: Larbi A, et al. MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study. Orthop Traumatol Surg Res (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.orthtra.2016.03.001>

ARTICLE IN PRESS
 A. Larbi et al. / Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research xxx (2016) xxx-xxx

recent study, Zoga et al. [10] compared MRI to surgery. MRI had a sensitivity and specificity, respectively, of 68% and 100% for RA injury and 86% and 89% for AL injury. However, to our knowledge, no studies focus on systematic correlation of precise articular, tendon or parietal lesion in MRI with systematic surgery and histological assessment in athletes' AP. Indeed, our hypothesis was that MRI can determine if pubalgia comes from pubis symphysis, musculotendinous or inguinal orifice structures but cannot precisely grade them.

Therefore, we performed a case-control study to determine if MRI can precisely assess AL tendinopathy and parietal lesion, compared with surgery and histology.

2. Materials and methods

2.1. Patients

We conducted a monocentric observational case-control study on 18 consecutive men patients (15 soccer players and 3 rugby players with at least regional sport level) from November 2011 to April 2013. All these athletes were referred to our imaging department for pre-surgical assessment MRI of the pelvis and operated by the same experienced (12 years old post-graduate) orthopaedic surgeon (GR) specialized in "AP" surgery.

Five patients had left pubalgia, 6 had right pubalgia and 7 had bilateral pubalgia (n = 25). The mean age of the study patients was 35 years old (range: 25–35 years old). Mean AP pain duration before MRI was 14.3 ± 0.2 months. Inclusion criteria were symptomatic chronic clinical pubalgia resistant to previous well-conducted medical treatment. Chronic pain was defined by pubalgia for more than 6 months. Medical treatment was defined by analgesic and physiologic (eccentric, isotonic, isometric) exercises with active physical training [11].

To constitute a control group, we also enrolled 18 asymptomatic men, with no history of pubalgia pain or surgery, matched for age, sex and sport. Indeed, in this control group, all MRI were strictly normal and initially realized for clinical suspicion of stress fracture. The mean age of the study control group (18 men) was 32 years old (range: 23–39 years old). Exclusion criteria included contraindication to MRI, age under 18 years old and previous pubis surgery. None of the patients or controls had exclusion criteria.

All patients and controls were informed of the study procedure and gave their informed consent.

2.2. Methods

All patients and controls underwent MRI of the pelvis. MRI (without symphysis injection) was performed using a 1.5-Tesla MR scanner (Twin Speed HDX, GE Healthcare) with a cardiac coil (32 elements, 16 channels). The following sequences were obtained:

- axial fast spin-echo T1-weighted (TR/TE: 568/min full ms, duration 1.55 min, FOV 36 cm, matrix: 640 × 384, 16 slices). Slice thickness was 4.5 mm, number of excitations: 2, and intersection gap: 1 mm;
- coronal fast spin-echo T1-weighted (TR/TE: 724/min full ms, duration 2.29 min, FOV 38 cm, matrix: 512 × 320, 20 slices). Slice thickness was 3.5 mm, number of excitations: 3, and intersection gap: 1 mm;
- axial oblique proton density weighted sequence with fat saturation (TR/TE: 2465/58 ms, duration 2.36 min, FOV 26 cm, matrix: 416 × 288, 15 slices). Slice thickness was 3.5 mm, number of excitations: 6, and intersection gap: 0.7 mm;

2.3. Methods of assessment of MRI images

All MRI were then reviewed in consensus by two musculoskeletal radiologists (BD and PC, with respectively 5 and 1 year of post-residency experience) who were blinded to all clinical information. MR imaging reports and any other imaging studies (radiography and ultrasonography) provided were not reviewed for this investigation.

MR images were reviewed for:

- pubic symphysis: bone marrow oedema around the pubic symphysis, secondary cleft and superior ligament lesions. Osteitis pubis was defined as symmetric high signal intensity (bone marrow oedema) spanning the symphysis and extending along the symphysis anteriorly to posteriorly (Fig. 1a and b), bony productive changes, joint misalignment, and articular surface irregularity or erosions in axial T1 and proton density with fat saturation DPFS weighted sequences. The physiologic central cleft was defined as a midline potential space confined within the superior and inferior margins of the joint. The physiologic and secondary symphysis clefts were identified in coronal DPFS imaging. The secondary cleft demonstrated fluid signal intensity and was continuous with the physiologic cleft (Fig. 1c). The superior ligament was screened for an inflammatory aspect and thickened on coronal T1-weighted after gadolinium with fat suppression (Fig. 1d and e);
- musculotendinous lesions: tendon hyperemia or enthesopathy, tendon tear, traction bone marrow oedema and tendon thickness. Tendon hyperemia was defined as an increased signal and a thickening of the tendon (in axial and coronal DPFS- and T1FS-weighted sequences after gadolinium) (Fig. 2a). A tendon tear was defined as fluid signal intensity in the tendon (DPFS) (Fig. 2b). A traction bone marrow oedema was an asymmetric bone marrow oedema on one side of the pubic symphysis centered on AD or RA tendon insertion (T1- and DPFS-weighted sequences) (Fig. 2c and d). It was considered as an indirect sign of tendinosis lesion only in case of strictly normal pubis symphysis. The conjoint AD tendon thickness was measured on coronal T1-weighted sequence at 5 mm of the myotendinous junction (Fig. 2e and f). The common AD tendon disease was graded as:
 - grade 1: enthesitis;
 - grade 2: tendon tear;
 - grade 3: tendon fibrosis with thickened tendon;
 - grade 4: presence of calcifications;
 - grade 5: tendon thickness was measured anteroposteriorly on axial T1-weighted sequence at its insertion on the pubic symphysis (Fig. 3a and b). The tendon hyperemia or tear was evaluated

Please cite this article in press as: Larbi A, et al. MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study. Orthop Traumatol Surg Res (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.orthtra.2016.03.001>

ARTICLE IN PRESS
 A. Larbi et al. / Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research xxx (2016) xxx-xxx

Fig. 3. MRI of the pubic symphysis, axial view: (a) T1, note the normal aspect of Rectus abdominis tendon (arrowhead); (b) T1, note the increase of the thickness of the Rectus abdominis tendon (long arrow); (c) proton density with fat saturation DPFS, note the normal aspect of the Rectus abdominis tendon enthes (arrowhead); (d) DPFS, note the hyperintense signal of the left Rectus abdominis tendon pubic enthesion (short arrow).

anteroposteriorly on axial DPFS-weighted sequence at its insertion on the pubic symphysis (Fig. 3c and d).

- abdominal wall: presence or absence of inguinal or femoral hernia, RA muscle trophicity and deep inguinal orifice size. The deep inguinal ring size was measured on static axial T1-weighted sequence where this orifice is well defined at the level of the ostium of the epigastric level (Fig. 4a–d). We chose to use this following scoring for the abdominal wall assessment:
 - grade 0: normal abdominal wall;
 - grade 1: hernia orifice increased for less than 50% subjectively compared to controls;
 - grade 2: hernia orifice increased for more than 50% subjectively compared to controls;
 - grade 3: grade 2 and atrophy of RA with a fatty replacement;
 - grade 4: grade 3 and inguinal or femoral hernia).

2.4. Surgery/histology analysis

The surgeon (GR, specialized in parietal surgery) and surgical technique were the same for all patients. Indeed, he used the Shouldice technique for inguinal weakness. This technique was the mainstream suture-based repair. It was a four-layer reconstruction of fascia transversalis. This technique used polypropylene

Fig. 4. MRI of the abdominal wall, T1, axial view: (a) note the enlargement of the right inguinal canal (asterisk); (b) note left inguinal hernia (arrowhead); (c) note the normal aspect of the abdominal wall; (d) note the asymmetry of the Rectus abdominis muscle with atrophy of the right Rectus abdominis muscle and inguinal hernia.

Please cite this article in press as: Larbi A, et al. MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study. Orthop Traumatol Surg Res (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.orthtra.2016.03.001>

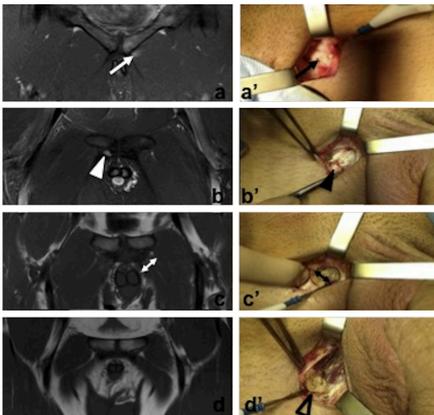


Fig. 5. Correlation between MRI and surgical findings: (a) T1 after gadolinium with fat suppression, note the tendon hyperemia and the enthesopathy on the left side (white arrow); (b) note the increase thickness of the Adductor longus tendon (black arrow); (b') T1 after gadolinium with fat suppression, note the tear of the right Adductor longus (white arrowhead); (c) note the longitudinal tear of the Adductor longus tendon (black arrowhead); (c') T1 sequence, note the increase of the thickness of the right Adductor longus tendon; (c') note the thickness of the Adductor longus tendon; (c') note the calcification (arrowhead) not visible in MRI imaging.

non-absorbable sutures. He also used release AL tenotomy. During a tenotomy, the tendon was cut pathway through, allowing the muscle to be stretched [14].
During the procedure, the surgeon assessed and graded systematically the AL tendon and the abdominal wall but could not evaluate the articular part of the pubic symphysis because of capsular attachment such as RA enthesis. Like in MRI, the AL tendon disease was graded as:

- grade 1: enthesitis (Fig. 5a);
- grade 2: tendon tear (Fig. 5b);
- grade 3: tendon fibrosis (Fig. 5c) with rigid and thickened tendon;
- grade 4: presence of calcifications (Fig. 5d).

The abdominal wall disease was graded as:

- grade 0: normal abdominal wall;
- grade 1: inguinal orifice < 2 cm;
- grade 2: inguinal orifice between 2 and 3 cm;

- grade 3: inguinal orifice between 3 and 4 cm;
- grade 4: inguinal orifice > 4 cm.

Histology was performed for all pattern (concerning AL tendon) graded 1 to 4 by the surgeon. Histological sampling surgeon were included in paraffin and then after 48 hours, stained with a standard staining using the haematoxylin-eosin. RA enthesitis, pubis symphysis and fascia transversalis were not assessed histologically.

2.5. Statistical analysis

First, AP pattern was described and divided in three parts using MRI assessment: pubic symphysis arthritis, AL tendinopathy and parietal wall.
Second, inguinal orifice size and AL-RA tendon thickness in patients and control group were compared to establish significant difference or not between symptomatic patients and asymptomatic controls using the Wilcoxon signed-rank test.

Please cite this article in press as: Larbi A, et al. MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study. Orthop Traumatol Surg Res (2016). <http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2016.03.021>

Table 1
Comparison between MRI and surgical findings concerning Adductor longus (AL) and Rectus abdominis (RA) tendon lesions in athletes. Athletic Pubalgia group.

| MRI Findings | Asymmetric BME | | T hyperemia | T tear | T thickening | Calcification |
|--------------|----------------|---------------|-------------|--------|--------------|---------------|
| | AL tendon (n) | RA tendon (n) | | | | |
| Patients (n) | 13 | 15 | 4 | 26 | 0 | 0 |
| Patients (n) | 11 | 14 | 4 | 18 | 0 | 0 |
| Patients (n) | 0 | 0 | 1 | 17 | 0 | 0 |
| Patients (n) | 0 | 1 | 0 | 13 | 0 | 0 |
| Patients (n) | 0 | 1 | 0 | 8 | 1 | 0 |
| Patients (n) | X | 1 | 4 | 8 | 8 | X |
| Patients (n) | X | X | X | X | X | X |
| Patients (n) | X | X | X | X | X | X |

BME: lower marrow oedema; T: tendon; ALT: adductor longus tendon; RAT: rectus abdominis tendon; X: not assessed.

Table 2
Comparison between MRI and surgical findings concerning parietal lesions in athletes. Athletic Pubalgia group.

| MRI Findings | Grade 1 | Grade 2 | Grade 3 | Grade 4 |
|-------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| | Surgical Findings | 0 | 7 | 3 |
| Surgical Findings | 0 | 7 | 3 | 1 |

Third, injuries or disorders identified at surgery involving the AL tendon and pelvic floor (including any hernias) were recorded and served as the reference standard. They were reviewed and compared with findings at MRI imaging using the test Kruskal-Wallis test. Statistical analysis was performed using the SAS software (Cary, NC, USA). A P-value less than 0.05 was considered as significant.

3. Results

3.1. MR imaging findings in athletic pubalgia

Regarding Pubis symphysis assessment, we found 4-mirror bone marrow edema (14%) in 2 patients, 2 secondary cleft (7%) in 1 patient and 2 superior ligament lesions (7%) in 2 patients. The symphysis structure was also analyzed as normal or injured and we found 2 articular origin to the AP.

Regarding AL assessment, the thickness in the group of symptomatic athletes and the control group was respectively 16.5 ± 3.6 mm [range: 9-23.3] and 12.3 ± 2.6 mm [range: 8.3-17.6] with significant difference (P=0.001). In symptomatic athletes, we mainly found 13 (40%) asymmetric bone marrow edema in 11 patients, 15 (54%) tendons hyperemia in 14 patients.

For RA assessment, the thickness in the group of athletes and the control group was respectively 2.9 ± 1.1 mm [range: 1.2-4.5] and 2.4 ± 0.6 mm [range: 1.2-3.9] with significant difference (P=0.024). No tendon calcification was also reported in AD and RA tendon. The musculotendinous structures (AL and RA) were also analyzed as normal or injured and we finally found 23 musculotendinous origins to the AP. All the MR tendon findings were precisely summarized in Table 1.

Regarding Abdominal wall assessment, the inguinal orifice size in the group of symptomatic athletes and the control group was respectively 27.2 ± 6.4 mm [range: 16.8-41] and 23.8 ± 6.3 mm [range: 14.8-26.7] with significant difference (P=0.001). The abdominal wall structures were also analyzed as normal or injured; 16 abdominal walls out of 18 patients were considered injured or abnormal. Among those, 7 patients presented bilateral abdominal wall lesions. MRI analysis graded 9 abdominal wall injuries as grade 1, 7 as grade 2, 3 as grade 3 and 2 as grade 4. All the parietal findings were precisely summarized in Table 2.

Finally regarding mixed patterns, we found 2 mixed pubis symphysis and parietal origin to pubalgia in 1 patient (4%) and 15 mixed musculotendinous and parietal origin to pubalgia in 15 patients (90%).

3.2. Correlation between MRI and surgery/histology

All patients were operated. We mainly founded grade 3 and 4 (8 patients in each grade, 40%) concerning AL, and mainly grade 2 (7 patients, 64%) concerning abdominal wall. All the data were summarized in Tables 1 and 2. Concerning RA tendons and symphysis articulation, those could not be assessed during surgery because RA insertions and symphysis pseudocapsule were nested and capsule was not opened.

Regarding histology, in case of grade 1, it has shown neovascularization with collagen fiber disorganization and no macrophages or multinucleated cells (Fig. 6a). In case of grade 2, it has shown neovascularization with collagen fiber disorganization, ulcers, hematic deposits and multinucleated foreign body cells (Fig. 6b). In case of grade 3, it has shown neovascularization with collagen fiber disorganization and fibroblast repair reaction (Fig. 6c). In case of grade 4, histology analysis showed hyalinised elements and calcification (Fig. 6d).

When we considered and compared grade in MRI and surgery/histology, the correlation was only 20% for the AL tendon structure and 5% for the abdominal wall. However, if we chose the criteria "affected versus unaffected", the correlation with surgery was 100% for common AD tendon and 73% for the abdominal wall.

4. Discussion

This study shows that chronic AP concerns preferentially AL tendinopathy and deep inguinal canal with a low correlation for MRI to surgery/histology when trying to precisely grade these lesions and a high correlation when only considering the item "affected versus unaffected".

Our study had several limitations. First, this study was limited by the small size of patients matched for athletic activity, age and sex but to our knowledge, it represents the largest homogeneous study of chronic AP with systematic surgery assessment by same both radiologists and surgeon. Second, no validated histological score was used to grade tendon injury but it was the first series with systematic AL tendon assessment [15]. Third, no surgical and histologic examination of the RA at its tubercle attachment or pubis symphysis was performed during procedure but it was of course due to the surgical approach. Last, gold standard clinical examination, MRI, surgery data and functional assessment were not compared during our study in order to avoid bias in MRI reading. Moreover, tendon is a rich structure in collagen and abdominal wall need dynamic examination such as ultrasonography. Using ultra short T2 MRI sequences for tendon with dynamic sequence for abdominal wall would allow a better assessment. Such functional and MRI strategies will have to be evaluated in further studies and represent our next step of AP assessment.

AP is a relatively common occurrence and has been attributed to one of three broad etiologic categories: AL lesion, otitis pubis, parietal lesion [16]. As treatment plans have diverged in recent years on the basis of the specific structures involved, it is now

Please cite this article in press as: Larbi A, et al. MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study. Orthop Traumatol Surg Res (2016). <http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2016.03.021>

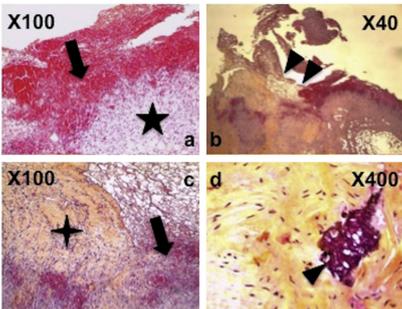


Fig. 6. Histological analysis of the Adductor longus tendon: (a) note haematic deposits (arrow) and edema (asterisk); (b) note ulcers on the surface of torn tendons with opposite fragments (arrowheads); (c) note fibroblast entry, and hematic deposit (arrow); (d) note the fibroblast (arrowhead).

necessary for the clinician to accurately locate the injury and determine its severity and extent [17,18]. Many studies assessed and described good accuracy for MR imaging in AP, in contrast for the majority of series, physical examination findings remained the reference standard with high prevalence of MRI abnormalities in asymptomatic patients [12,19].

To our knowledge, only one study conducted by Zoga et al. [10] compared MRI to surgery (102 patients). The goal was to retrospectively determine sensitivity and specificity of MR imaging findings in patients with clinical AP with either surgical or physical examination findings as the reference standard. In this study, sensitivity and specificity of MRI for detecting RA tendon injuries and AD tendon injuries was reported as 88% and 100% (RA), 86% and 82% (AD), indicating the promise and limitations of MR evaluation. They indicated excellent results of MR evaluation in AP for correlation concerning the wall and the musculotendinous structures injury. However, Zoga et al.'s study had several limitations: MR imaging studies were from many different imaging centers with various protocols and techniques [10]. Their control group was not matched for athletic activity and smaller than the patient group because of a limited availability of MRI studies in asymptomatic, age- and sex-matched patients. Moreover, this series did not grade and differentiate tendon injury and did not precisely describe parietal wall patterns in MRI and surgical protocol with no histological evaluation. Indeed, currently, according to literature, no study focuses on systematic correlation of clinical data, precise tendon (such as differentiating enthesopathy, tear, fibrosis or calcification), pubic symphysis and parietal wall MRI evaluation with systematic surgery assessment while treatment with histological assessment in athletes suffering from clinical pubalgia [10].

In contrast of Zoga et al. [10] series, when considering the criteria "affected versus unaffected", our findings were in consistent

with literature findings. The correlation with surgery was 100% for common AD tendon and 73% for the abdominal wall. Therefore, if we precisely considered AL tendon and abdominal wall, the correlation with surgery decreased respectively at 20% and 5%. Fortunately, the grade of the lesions was not of importance in the current study since the surgeon treatment was the same and gold standard remains clinical. Indeed, MRI key point is to confirm clinical data to know if AP comes from symphysis and/or tendon and/or wall.

5. Conclusion

Our study recalls that chronic AP in MRI concerns preferentially AD tendinopathy and deep inguinal canal deficiency with high correlation to surgery and anatomopathology when only considering the item "affected versus unaffected" despite low correlation when we try to precisely grade these lesions.

Disclosure of interest

The authors declare that they have no competing interest.

References

[1] Darcy A, Rodineau J. Les lésions pubiennes des sportifs. Ann Med Phys 1979;22:287-91.
[2] Brunet B, Brunet-Coudé E, Crenay J, Comtet J. A propos du traitement des pubalgies. Traumatol Sport 1994;13:5-9.
[3] Le Gall F, Carling C, Kelly Y, Vandewalle H, Church J, Rochonnet P. Incidence of injuries in French youth soccer players: a 10-season study. Am J Sports Med 2006;34:928-38.
[4] Laflamme KL, Laflamme JL, Laflamme KA. Inguinal hernias: diagnosis and management. Ann Fam Phys 2013;87:844-8.

Please cite this article in press as: Larbi A, et al. MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study. Orthop Traumatol Surg Res (2016). <http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2016.03.021>

[5] Murphy C, Foran P, Murphy D, Tobin O, Moynagh M, Eastace S. "Superior cleft sign" as a marker of rectus abdominis/adductor longus tear in patients with suspected sports hernia. Skeletal Radiol 2013;42:219-25.
[6] Lichstein AM, Deoreo TM, Wang M, Hume AM. Incidence of sports-related hip and groin injuries. Sports Health 2010;2:252-61.
[7] Omer JM, Zoga AC, Kawaguchi EC, Koussios G, Regis D, Cooper AG, et al. AP and "sports hernia": optimal MR imaging technique and findings. Radiographics 2009;29:1615-28.
[8] Brennan D, O'Connell M, Ryan M, Cunningham P, Taylor D, Cronin C, et al. Secondary cleft sign: a marker of injury in athletes with groin pain. MR image appearance and interpretation. Radiology 2005;235:162-7.
[9] Weir A, Brunker P, Delahunt E, et al. Tokyo agreement meeting on terminology and definitions in groin pain in athletes. Br J Sports Med 2015;49:788-794.
[10] Zoga AC, Kawaguchi EC, Omer JM, et al. AP and the "sports hernia": MR imaging findings. Radiology 2008;247:707-807.
[11] Kawaguchi EC, Koussios G, Ford S, McMahon P, Johnson C, Eastace S. MR imaging of groin pain in the athlete. Sem Musculoskelet Radiol 2006;10:197-207.
[12] Cunningham PM, Brennan D, O'Connell M, McMahon P, O'Neill P, Eastace S. Patterns of bone and soft tissue injury at the symphysis pubis in soccer players: observations at MRI. Am J Sport Sci 2007;18:291-6.
[13] Holman W, Urbaniak P, Dims L, et al. Effectiveness of active physical training as treatment for long-standing adductor-related groin pain in athletes: randomized trial. Lancet 1995;335:429-431.
[14] Schillers L, Dimitrakopoulos A, Cooke M, Biondi G, Cooke C. Effectiveness of a selective peritendinous release for chronic adductor-related groin pain in professional athletes. Am J Sports Med 2013;41:603-7.
[15] Mollath N, Longo UC, Franceschi E, et al. Motion and flexion scores assess the same characteristics of tendon histology. Clin Orthop Relat Res 2008;466:1609-11.
[16] Cholewicki J, Roger B, Christel P, Redinger J, Gerner P. Groin pain in sport: treatment strategy. J Traumatol Sport 1986;3:14-7.
[17] Edema M, Sletten H. "Sports" hernia: treatment with biologic mesh (Surgiput): a preliminary study. Surg Endosc 2006;20:971-3.
[18] Morioka H, Eguro M. Groin injuries and groin pain in athletes: part 2. Prim Care 2005;12:185-200.
[19] Schmitt C, Zoga AC, Kawaguchi EC, Meyers WC. Anatomy, pathology, and MRI findings in the sports hernia. Semin Musculoskelet Radiol 2008;12:54-61.

Please cite this article in press as: Larbi A, et al. MRI in patients with chronic pubalgia: Is precise useful information provided to the surgeon? A case-control study. Orthop Traumatol Surg Res (2016). <http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2016.03.021>



Annexe 2. Matériel additionnel 1

| | Séquences | N | Se | Sp | VPP | VPN | Eff |
|-----------------------------|----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 SEQUENCE | Axial T1 | 56 | 66,67 | 87,80 | 66,67 | 87,80 | 82,14 |
| | Cor T1 | 46 | 66,67 | 77,42 | 58,82 | 82,76 | 73,91 |
| | Axial PDFS | 82 | 92,00 | 80,70 | 67,65 | 95,83 | 84,15 |
| | Cor PDFS | 82 | 74,07 | 70,91 | 55,56 | 84,78 | 71,95 |
| | Sag PDFS | 74 | 83,33 | 68,00 | 55,56 | 89,47 | 72,97 |
| | Axial T1 FSGE | 26 | 100,00 | 73,33 | 73,33 | 100,00 | 84,62 |
| | Cor T1 FSGE | 12 | 100,00 | 83,33 | 85,71 | 100,00 | 91,67 |
| 2 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 | 20 | 100,00 | 86,67 | 71,43 | 100,00 | 90,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS | 56 | 100,00 | 70,73 | 55,56 | 100,00 | 78,57 |
| | Axial T1 + Cor PDFS | 56 | 80,00 | 63,41 | 44,44 | 89,66 | 67,86 |
| | Axial T1 + Sag PDFS | 54 | 86,67 | 58,97 | 13,33 | 44,83 | 66,67 |
| | Axial T1 + Axial T1 FSGE | 20 | 100,00 | 64,29 | 54,55 | 100,00 | 75,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 80,00 | 50,00 | 100,00 | 83,33 |
| | Cor T1 + Axial PDFS | 44 | 92,31 | 74,19 | 60,00 | 95,83 | 79,55 |
| | Cor T1 + Cor PDFS | 44 | 80,00 | 58,62 | 50,00 | 85,00 | 65,91 |
| | Cor T1 + Sag PDFS | 36 | 91,67 | 66,67 | 57,89 | 94,12 | 75,00 |
| | Cor T1 + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS | 80 | 96,00 | 60,00 | 52,17 | 97,06 | 71,25 |
| | Axial PDFS + Sag PDFS | 74 | 95,83 | 60,00 | 53,49 | 94,77 | 71,62 |
| | Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 24 | 100,00 | 53,33 | 56,25 | 100,00 | 70,83 |
| | Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 50,00 | 57,14 | 100,00 | 70,00 |
| | Cor PDFS + Sag PDFS | 74 | 87,50 | 54,00 | 47,73 | 90,00 | 64,86 |
| | Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 44 | 100,00 | 30,30 | 32,35 | 100,00 | 47,73 |
| | Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 11 | 100,00 | 80,00 | 85,71 | 100,00 | 90,91 |
| | Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 24 | 100,00 | 66,67 | 64,29 | 100,00 | 79,17 |
| | Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 50,00 | 57,14 | 100,00 | 70,00 |
| Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 12 | 100,00 | 60,00 | 66,67 | 100,00 | 75,00 | |
| 3 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS | 20 | 100,00 | 80,00 | 62,50 | 100,00 | 85,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS | 20 | 100,00 | 60,00 | 45,45 | 100,00 | 70,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Sag PDFS | 18 | 100,00 | 76,92 | 62,50 | 100,00 | 83,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial T1 FSGE | 2 | - | 100,00 | - | 100,00 | 100,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS | 56 | 100,00 | 53,66 | 44,12 | 100,00 | 66,07 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Sag PDFS | 54 | 100,00 | 51,28 | 44,12 | 100,00 | 64,81 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 20 | 100,00 | 50,00 | 46,15 | 100,00 | 65,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 40,00 | 25,00 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Sag PDFS | 54 | 86,67 | 48,72 | 39,39 | 90,48 | 59,26 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 20 | 100,00 | 57,14 | 50,00 | 100,00 | 70,00 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 80,00 | 50,00 | 100,00 | 83,33 |
| | Axial T1 + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 20 | 100,00 | 28,57 | 37,50 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 40,00 | 25,00 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 40,00 | 25,00 | 100,00 | 50,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS | 42 | 92,31 | 55,17 | 48,00 | 94,12 | 66,67 |

| | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------------------------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS | 36 | 91,67 | 62,50 | 55,00 | 93,75 | 72,22 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | - | 100,00 | - | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS | 36 | 91,67 | 54,17 | 50,00 | 32,86 | 66,67 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 66,67 | 75,00 | 100,00 | 83,33 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 4 | 100,00 | 66,67 | 50,00 | 100,00 | 75,00 |
| | Cor T1 + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS | 74 | 95,83 | 50,00 | 47,92 | 96,15 | 64,86 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 24 | 100,00 | 46,67 | 52,94 | 100,00 | 66,67 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 50,00 | 57,14 | 100,00 | 70,00 |
| | Axial PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 24 | 100,00 | 33,33 | 47,37 | 100,00 | 58,33 |
| | Axial PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 50,00 | 57,14 | 100,00 | 70,00 |
| | Axial PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 16,67 | 44,44 | 100,00 | 50,00 |
| | Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 24 | 100,00 | 33,33 | 47,37 | 100,00 | 58,33 |
| | Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 50,00 | 57,14 | 100,00 | 70,00 |
| | Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Coro T1 FSGE | 12 | 100,00 | 50,00 | 66,67 | 100,00 | 75,00 |
| | Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 16,67 | 44,44 | 100,00 | 50,00 |
| 4 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS | 20 | 100,00 | 53,33 | 41,67 | 100,00 | 65,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS | 18 | 100,00 | 69,23 | 55,56 | 100,00 | 77,78 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | - | 100,00 | - | 100,00 | 100,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS | 18 | 100,00 | 53,85 | 45,45 | 100,00 | 66,67 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | - | 50,00 | - | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | - | 50,00 | - | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial T1 FSGE + Coro T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS | 54 | 100,00 | 43,59 | 40,54 | 100,00 | 59,26 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 20 | 100,00 | 42,86 | 42,86 | 100,00 | 60,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 40,00 | 25,00 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 20 | 100,00 | 28,57 | 37,50 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 40,00 | 25,00 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 16,67 | - | 16,67 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 20 | 100,00 | 28,57 | 37,50 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 40,00 | 25,00 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 40,00 | 25,00 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 16,67 | - | 16,67 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Coro PDFS + Sag PDFS | 36 | 91,67 | 50,00 | 47,83 | 92,31 | 63,89 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 4 | 100,00 | 66,67 | 50,00 | 100,00 | 75,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 4 | 100,00 | 66,67 | 50,00 | 100,00 | 75,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + axial T1 FSGE + Coro T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 4 | 100,00 | 66,67 | 50,00 | 100,00 | 75,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 24 | 100,00 | 33,33 | 47,37 | 100,00 | 58,33 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 50,00 | 57,14 | 100,00 | 70,00 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 16,67 | 37,50 | 100,00 | 44,44 |
| | Axial PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 16,67 | 37,50 | 100,00 | 44,44 |
| | Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 16,67 | 37,50 | 100,00 | 44,44 |
| 5 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS | 18 | 100,00 | 46,15 | 41,67 | 100,00 | 61,11 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | - | 50,00 | - | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | - | 50,00 | - | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 20 | 100,00 | 28,57 | 37,50 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 40,00 | 25,00 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 16,67 | - | 16,67 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 16,67 | - | 16,67 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 16,67 | - | 16,67 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 4 | 100,00 | 66,67 | 50,00 | 100,00 | 75,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 10 | 100,00 | 16,67 | 44,44 | 100,00 | 50,00 | |
| 6 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE | 2 | - | 50,00 | 0,00 | 100,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial DPFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 16,67 | - | 16,67 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| 7 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Sag PDFS + | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | | | | | | |

Tableau additionnel 1: Liste exhaustive des séquences d'IRM seules et en combinaisons en comparaison à la chirurgie dans l'étude des tendons LA avec : N = nombre de séquences ou de combinaisons; Cor = Coronal; Sag = Sagittal; Se = Sensibilité; Sp = Spécificité; VPP = Valeur Prédictive Positive; VPN = Valeur Prédictive Négative; Eff = Efficacité.



Annexe 3. Matériel additionnel 2

| | Séquences | N | Se | Sp | VPP | VPN | Eff |
|--------------------|----------------------------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 SEQUENCE | Axial T1 | 56 | 80,00 | 43,24 | 36,36 | 84,21 | 53,85 |
| | Cor T1 | 46 | 94,74 | 16,00 | 46,15 | 80,00 | 50,00 |
| | Axial PDFS | 45 | 55,56 | 59,26 | 47,62 | 66,67 | 57,78 |
| | Cor PDFS | 76 | 93,94 | 25,58 | 49,21 | 84,62 | 55,26 |
| | Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 83,33 | - | 83,33 |
| | Axial T1 FSGE | 26 | 66,67 | 70,00 | 57,14 | 77,78 | 68,75 |
| | Cor T1 FSGE | 12 | 100,00 | 40,00 | 70,00 | 100,00 | 75,00 |
| 2 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 | 30 | 55,00 | 90,00 | 91,67 | 50,00 | 66,67 |
| | Axial T1 + Axial PDFS | 34 | 73,91 | 54,55 | 77,27 | 50,00 | 67,65 |
| | Axial T1 + Cor PDFS | 48 | 50,00 | 71,43 | 80,95 | 37,04 | 56,25 |
| | Axial T1 + Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 83,33 | - | 83,33 |
| | Axial T1 + Axial T1 FSGE | 14 | 66,67 | 80,00 | 85,71 | 57,14 | 71,43 |
| | Axial T1 + Cor T1 FSGE | 4 | 66,67 | 0,00 | 66,67 | 0,00 | 50,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS | 25 | 66,67 | 50,00 | 66,67 | 50,00 | 60,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS | 36 | 47,62 | 86,67 | 83,33 | 54,17 | 63,89 |
| | Cor T1 + Axial T1 VM | 2 | 100,00 | - | 50,00 | - | 50,00 |
| | Cor T1 + Axial T1 FSGE | 10 | 80,00 | 80,00 | 80,00 | 80,00 | 80,00 |
| | Cor T1 + Cor T1 FSGE | 6 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS | 40 | 58,33 | 56,25 | 66,67 | 47,37 | 57,50 |
| | Axial PDFS + Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 83,33 | - | 83,33 |
| | Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 13 | 100,00 | 60,00 | 80,00 | 100,00 | 84,62 |
| | Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 3 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Cor PDFS + Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 83,33 | - | 83,33 |
| | Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 16 | 80,00 | 50,00 | 72,73 | 60,00 | 68,75 |
| | Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 12 | 60,00 | 100,00 | 100,00 | 77,78 | 83,33 |
| | Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 83,33 | - | 83,33 |
| | Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 4 | 100,00 | 0,00 | 75,00 | - | 75,00 |
| 3 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS | 19 | 75,00 | 36,36 | 46,15 | 66,67 | 52,63 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS | 28 | 71,43 | 57,14 | 65,50 | 66,67 | 64,29 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial T1 VM | 2 | - | 0,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial T1 FSGE | 10 | 57,14 | 66,67 | 80,00 | 40,00 | 60,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor T1 FSGE | 4 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS | 32 | 63,64 | 61,90 | 46,67 | 76,47 | 62,50 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 12 | 75,00 | 25,00 | 66,67 | 33,33 | 58,33 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 14 | 60,00 | 25,00 | 66,67 | 20,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 4 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS | 21 | 55,56 | 33,33 | 38,46 | 50,00 | 42,86 |

| | | | | | | | |
|--------------------|------------------------------------------------------|----|--------|-------|-------|-------|-------|
| | Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 8 | 50,00 | 25,00 | 40,00 | 33,33 | 37,50 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 10 | 66,67 | 25,00 | 57,14 | 33,33 | 50,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 6 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 |
| | Cor T1 + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Cor T1 + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Cor T1 + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 13 | 77,78 | 0,00 | 63,64 | 0,00 | 53,85 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 3 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 5 | 100,00 | 0,00 | 60,00 | - | 60,00 |
| | Axial PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 3 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Cor PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Coro T1 FSGE | 4 | 100,00 | 0,00 | 75,00 | - | 75,00 |
| | Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| 4 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS | 18 | 66,67 | 11,11 | 42,86 | 25,00 | 38,89 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE | 8 | 50,00 | 25,00 | 40,00 | 33,33 | 37,50 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 10 | 66,67 | 25,00 | 57,14 | 33,33 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 4 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial T1 FSGE + Coro T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 12 | 100,00 | 0,00 | 60,00 | - | 60,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Coro PDFS + Axial T1 VM | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 8 | 50,00 | 0,00 | 33,33 | 0,00 | 25,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE + Coro T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------|---|--------|------|-------|------|-------|
| | Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Cor T1 + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 3 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| 5 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE | 8 | 50,00 | 0,00 | 33,33 | 0,00 | 25,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 6 | 100,00 | 0,00 | 66,67 | - | 66,67 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| 6 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE | 2 | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 2 | 100,00 | 0,00 | 50,00 | - | 50,00 |
| | Axial T1 + Cor T1 + Axial DPFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Cor T1 + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Axial T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
| | Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| 7 SEQUENCES | Axial T1 + Cor T1 + Axial PDFS + Cor PDFS + Axial T1 VM + Axial T1 FSGE + Cor T1 FSGE | 0 | - | - | - | - | - |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|

Tableau additionnel 2: Liste exhaustive des séquences d'IRM seules et en combinaisons en comparaison à la chirurgie dans l'étude des PA avec : N = nombre de séquences ou de combinaisons; Cor = Coronal; Sag = Sagittal; Se = Sensibilité; Sp = Spécificité; VPP = Valeur Prédictive Positive; VPN = Valeur Prédictive Négative; Eff = Efficacité.



Annexe 4. Proof of submission

AMERICAN JOURNAL OF ROENTGENOLOGY - NEW SUBMISSION RECEIVED

TO: Mr Emmanuel Ducouret
Centre Hospitalier Universitaire de Limoges

RE: MRI in chronic groin pain: Sequences diagnostic reliability compared to systematic surgical assessment.

Dear Dr. Ducouret,

Your above referenced submission to the AJR has been sent to the journal office. The Peer Review team will perform a technical check of your manuscript in the next few days. If there are any problems, we will send it back to you for corrections.

If the submission does not require any changes, we will send it on to the Editors for their review. At that time, you will receive an email notifying you of the permanent manuscript number.

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Editorial Manager as an author. The URL is <http://ajr.edmgr.com/>.

This letter also confirms that you have read and agreed to the following COPYRIGHT TRANSFER AND AUTHOR CERTIFICATION AGREEMENT:

Kind regards,

AJR Journal Staff (Peer Review/Publications)

EMAIL TO: ajrsubmit@arrs.org

PHONE: (703) 729-3353

FAX: (703) 729-5913

Serment d'Hippocrate

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à 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 les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

Pubalgie chronique du sportif : Performances diagnostiques de l'IRM en comparaison à la chirurgie

OBJECTIF. Déterminer la valeur diagnostique des séquences d'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) dans le diagnostic de la Pubalgie Chronique du Sportif (PCS), en comparaison à la chirurgie puis essayer d'en déduire un protocole adapté.

MATERIELS AND METHODES. Quarante-trois patients consécutifs souffrant de PCS résistante ont bénéficié d'une évaluation IRM préopératoire. Huit séquences d'IRM ont été acquises : axiale Fast Spin Echo pondérée T1 (FSE T1), coronale FSE T1, axiale-oblique (dans le plan symphysaire) en Densité de Protons Fat Sat (DPFS), coronale DPFS, Sagittale DPFS, axiale FSE T1 Fat Sat et Injection de Gadolinium (FSIG), coronale T1 FSIG, axiale FSE T1 avec Poussée abdominale selon Valsalva (PV). Ces séquences ont été revues pour analyser la symphyse pubienne, le tendon Long Adducteur (LA) et la Paroi Abdominale (PA). Le même chirurgien a opéré tous les patients (26 LA et 49 PA). Des calculs de Sensibilité (Se), Spécificité (Sp), Valeur Prédictive Positive (VPP), Valeur Prédictive Négative (VPN) et d'efficacité ont été réalisés pour chaque séquence et combinaisons dans le diagnostic des lésions du LA et de la PA en comparaison aux données de la chirurgie.

RESULTATS. Cent quatre-vingt douze séquences ont été obtenues. Coronale T1 FSIG et axiale T1 PV ont montré les meilleures performances (efficacité respectives : 91,67% pour les lésions du LA et 83,33% pour les lésions de la PA). La meilleure combinaison de séquences était coronale T1 avec axiale DPFS, sagittale DPFS et axiale T1 PV (efficacité : 77.78% (Se : 100.00%, Sp : 69.23%, VPP : 55.56%, VPN : 100.00%, durée : 10 minutes 36 secondes).

CONCLUSION. En accord avec ces résultats, nous proposons un protocole d'IRM pelvienne simple, fiable et adapté au diagnostic de la PCS avec 4 séquences : coronale T1 – axiale DPFS – sagittale DPFS – axiale T1 PV, en un temps acceptable.

Mots-clés : IRM, pubalgie, chronique, sportif, protocole

MRI in chronic groin pain: Sequences diagnostic reliability compared to systematic surgical assessment

OBJECTIVE. To determine the diagnostic reliability of Magnetic Resonance Imaging (MRI) sequences in Chronic Groin Pain (CGP), with surgery as gold standard and try to propose a suitable MRI protocol.

MATERIALS AND METHODS. Forty-three consecutive patients with resistant clinical CGP underwent a pre surgical pelvis MRI. Eight MRI sequences were acquired: axial Fast Spin-Echo T1-weighted (FSE T1), coronal FSE T1, axial-oblique (in symphysis plane) Proton Density weighted with Fat Saturation (PDFS), coronal PDFS, sagittal PDFS, axial FSE T1 with Fat Saturation and Gadolinium Enhancement (FSGE), coronal FSE T1 FSGE, axial FSE T1 with Valsalva Maneuver (VM). These sequences were reviewed for pubic symphysis assessment, Adductor Longus (AL) tendon and Abdominal Wall (AW) injuries. The same surgeon operated all these patients (26 AL and 49 AW). Sensitivity (Se), Specificity (Sp), Positive Predictive Value (PPV), Negative Prospective Value (NPV) and accuracy of each sequence and combinations for AL or AW injuries were calculated in comparison to surgical findings.

RESULTS. One hundred ninety two sequences were obtained. Coronal T1 FSGE and axial T1 VM were proved to be the most single reliable sequences (Accuracy: 91.67% in AL and 83.33% in AW). Best sequences combination was coronal T1 with axial PDFS, sagittal PDFS and axial T1 VM (Accuracy: 77.78% (Se: 100.00%, Sp: 69.23%, PPV: 55.56%, NPV: 100.00%, duration: 10 minutes 36 seconds).

CONCLUSION. According to our results, we propose 4 sequences as a reliable simplified pelvis MRI protocol for CGP: coronal T1 – axial PDFS – sagittal PDFS – axial T1 VM, with a reasonable time length.

Keywords: MRI, chronic, groin, pain, athletic, pubalgia, protocol

