

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>



UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON 1

ANNÉE 2019 N°203

**ENDOFIBROSE ARTERIELLE CHEZ LE SPORTIF
D'ENDURANCE : COMPARAISON PROSPECTIVE DE
L'ARTERIOGRAPHIE ET DE L'ANGIO-SCANNER**

***ARTERIAL ENDOFIBROSIS IN ENDURANCE ATHLETES :
PROSPECTIVE COMPARISON OF INTRA-ARTERIAL DIGITAL
SUBTRACTION ANGIOGRAPHY AND COMPUTER
TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY***

THESE D'EXERCICE EN MEDECINE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
Et soutenue publiquement le **7 Octobre 2019**
En vue d'obtenir le titre de Docteur en Médecine

Par

PERRIER Louis
Née le 10/11/1989 à Semur-en-Auxois

Sous la direction de Monsieur le Professeur Olivier Rouviere



UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON 1

ANNÉE 2019 N°203

**ENDOFIBROSE ARTERIELLE CHEZ LE SPORTIF
D'ENDURANCE : COMPARAISON PROSPECTIVE
DE L'ARTERIOGRAPHIE ET DE L'ANGIO-
SCANNER**

***ARTERIAL ENDOFIBROSIS IN ENDURANCE
ATHLETES : PROSPECTIVE COMPARISON OF
INTRA-ARTERIAL DIGITAL SUBTRACTION
ANGIOGRAPHY AND COMPUTER TOMOGRAPHY
ANGIOGRAPHY***

THESE D'EXERCICE EN MEDECINE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
Et soutenue publiquement le **7 Octobre 2019**
En vue d'obtenir le titre de Docteur en Médecine

Par

PERRIER Louis

Née le 10/11/1989 à Semur-en-Auxois

Sous la direction de Monsieur le Professeur Olivier Rouviere

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1

Président	Pr Frédéric FLEURY
Président du Comité de Coordination Des Etudes Médicales	Pr Pierre COCHAT
Directeur Général des services	M. Damien VERHAEGHE
Secteur Santé :	
Doyen de l'UFR de Médecine Lyon Est	Pr Gilles RODE
Doyenne de l'UFR de Médecine Lyon-Sud Charles Mérieux	Pr Carole BURILLON
Doyenne de l'Institut des Sciences Pharmaceutiques (ISPB)	Pr Christine VINCIGUERRA
Doyenne de l'UFR d'Odontologie	Pr Dominique SEUX
Directrice du département de Biologie Humaine	Pr Anne-Marie SCHOTT
Secteur Sciences et Technologie :	
Directeur de l'UFR Sciences et Technologies	M. Fabien DE MARCHI
Directeur de l'UFR Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)	M. Yanick VANPOULLE
Directeur de Polytech	Pr Emmanuel PERRIN
Directeur de l'IUT	Pr Christophe VITON
Directeur de l'Institut des Sciences Financières Et Assurances (ISFA)	M. Nicolas LEBOISNE
Directrice de l'Observatoire de Lyon	Pr Isabelle DANIEL
Directeur de l'Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education (ESPé)	Pr Alain MOUGNIOTTE

Faculté de Médecine Lyon Est

Liste des enseignants 2018/2019

Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers

Classe exceptionnelle Echelon 2

BLAY	Jean-Yves	Cancérologie ; radiothérapie
BORSON-CHAZOT	Françoise	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
COCHAT	Pierre	Pédiatrie
ETIENNE	Jérôme	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
GUERIN	Claude	Réanimation ; médecine d'urgence
GUERIN	Jean-François	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
MORNEX	Jean-François	Pneumologie ; addictologie
NIGHOGHOSSIAN	Norbert	Neurologie
NINET	Jean	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
OVIZE	Michel	Physiologie
PONCHON	Thierry	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
REVEL	Didier	Radiologie et imagerie médicale
RIVOIRE	Michel	Cancérologie ; radiothérapie
THIVOLET-BEJUI	Françoise	Anatomie et cytologie pathologiques
VANDENESCH	François	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers

Classe exceptionnelle Echelon 1

BOILLOT	Olivier	Chirurgie digestive
BRETON	Pierre	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
CHASSARD	Dominique	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
CLARIS	Olivier	Pédiatrie
COLIN	Cyrille	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
D'AMATO	Thierry	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
DELAHAYE	François	Cardiologie
DENIS	Philippe	Ophtalmologie
DOUEK	Philippe	Radiologie et imagerie médicale
DUCERF	Christian	Chirurgie digestive
DURIEU	Isabelle	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie
FINET	Gérard	Cardiologie
GAUCHERAND	Pascal	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
GUEYFFIER	François	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
HERZBERG	Guillaume	Chirurgie orthopédique et traumatologique
HONNORAT	Jérôme	Neurologie
LACHAUX	Alain	Pédiatrie
LEHOT	Jean-Jacques	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
LERMUSIAUX	Patrick	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
LINA	Bruno	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
MARTIN	Xavier	Urologie
MERTENS	Patrick	Anatomie
MIOSSEC	Pierre	Immunologie
MOREL	Yves	Biochimie et biologie moléculaire
MORELON	Emmanuel	Néphrologie
MOULIN	Philippe	Nutrition
NEGRIER	Claude	Hématologie ; transfusion
NEGRIER	Sylvie	Cancérologie ; radiothérapie

OBADIA	Jean-François	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
RODE	Gilles	Médecine physique et de réadaptation
TERRA	Jean-Louis	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
ZOULIM	Fabien	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie

Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers Première classe

ADER	Florence	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
ANDRE-FOUET	Xavier	Cardiologie
ARGAUD	Laurent	Réanimation ; médecine d'urgence
AUBRUN	Frédéric	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
BADET	Lionel	Urologie
BERTHEZENE	Yves	Radiologie et imagerie médicale
BERTRAND	Yves	Pédiatrie
BESSEREAU	Jean-Louis	Biologie cellulaire
BRAYE	Fabienne	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; Brûlologie
CHARBOTEL	Barbara	Médecine et santé au travail
CHEVALIER	Philippe	Cardiologie
COLOMBEL	Marc	Urologie
COTTIN	Vincent	Pneumologie ; addictologie
COTTON	François	Radiologie et imagerie médicale
DEVOUASSOUX	Mojgan	Anatomie et cytologie pathologiques
DI FILLIPO	Sylvie	Cardiologie
DUBERNARD	Gil	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
DUMONTET	Charles	Hématologie ; transfusion
DUMORTIER	Jérôme	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
EDERY	Charles Patrick	Génétique
FAUVEL	Jean-Pierre	Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie
FELLAHI	Jean-Luc	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
FERRY	Tristan	Maladie infectieuses ; maladies tropicales
FOURNERET	Pierre	Pédopsychiatrie ; addictologie
GUENOT	Marc	Neurochirurgie
GUIBAUD	Laurent	Radiologie et imagerie médicale
JACQUIN-COURTOIS	Sophie	Médecine physique et de réadaptation
JAVOUHEY	Etienne	Pédiatrie
JUILLARD	Laurent	Néphrologie
JULLIEN	Denis	Dermato-vénéréologie
KODJIKIAN	Laurent	Ophtalmologie
KROLAK SALMON	Pierre	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillessement ; médecine générale ; addictologie
LEJEUNE	Hervé	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
MABRUT	Jean-Yves	Chirurgie générale
MERLE	Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
MICHEL	Philippe	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MURE	Pierre-Yves	Chirurgie infantile
NICOLINO	Marc	Pédiatrie
PICOT	Stéphane	Parasitologie et mycologie
PONCET	Gilles	Chirurgie générale
RAVEROT	Gérald	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
ROSSETTI	Yves	Physiologie
ROUVIERE	Olivier	Radiologie et imagerie médicale
ROY	Pascal	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
SAOUD	Mohamed	Psychiatrie d'adultes et addictologie
SCHAEFFER	Laurent	Biologie cellulaire

SCHEIBER	Christian	Biophysique et médecine nucléaire
SCHOTT-PETHELAZ	Anne-Marie	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
TILIKETE	Caroline	Physiologie
TRUY	Eric	Oto-rhino-laryngologie
TURJMAN	Francis	Radiologie et imagerie médicale
VANHEMS	Philippe	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
VUKUSIC	Sandra	Neurologie

Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers

Seconde Classe

BACCHETTA	Justine	Pédiatrie
BOUSSEL	Loïc	Radiologie et imagerie médicale
BUZLUCA DARGAUD	Yesim	Hématologie ; transfusion
CALENDER	Alain	Génétique
CHAPURLAT	Roland	Rhumatologie
CHENE	Gautier	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
COLLARDEAU FRACHON	Sophie	Anatomie et cytologie pathologiques
CONFAVREUX	Cyrille	Rhumatologie
CROUZET	Sébastien	Urologie
CUCHERAT	Michel	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
DAVID	Jean-Stéphane	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
DI ROCCO	Federico	Neurochirurgie
DUBOURG	Laurence	Physiologie
DUCLOS	Antoine	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
DUCRAY	François	Neurologie
FANTON	Laurent	Médecine légale
GILLET	Yves	Pédiatrie
GIRARD	Nicolas	Pneumologie
GLEIZAL	Arnaud	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
GUEBRE-EGZIABHER	Fitsum	Néphrologie
HENAINE	Roland	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
HOT	Arnaud	Médecine interne
HUISSOUD	Cyril	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
JANIER	Marc	Biophysique et médecine nucléaire
JARRAUD	Sophie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
LESURTEL	Mickaël	Chirurgie générale
LEVRERO	Massimo	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
LUKASZEWICZ	Anne-Claire	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
MAUCORT BOULCH	Delphine	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MEWTON	Nathan	Cardiologie
MILLION	Antoine	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire
MONNEUSE	Olivier	Chirurgie générale
NATAF	Serge	Cytologie et histologie
PERETTI	Noël	Nutrition
POULET	Emmanuel	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
RAY-COQUARD	Isabelle	Cancérologie ; radiothérapie
RHEIMS	Sylvain	Neurologie
RICHARD	Jean-Christophe	Réanimation ; médecine d'urgence
RIMMELE	Thomas	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
ROBERT	Maud	Chirurgie digestive
ROMAN	Sabine	Physiologie
SOUQUET	Jean-Christophe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
THAUNAT	Olivier	Néphrologie
THIBAUT	Hélène	Physiologie
WATTEL	Eric	Hématologie ; transfusion

Professeur des Universités - Médecine Générale

FLORI	Marie
LETRILLIART	Laurent
ZERBIB	Yves

Professeurs associés de Médecine Générale

BERARD	Annick
FARGE	Thierry
LAMBLIN	Gery
LAINÉ	Xavier

Professeurs émérites

BAULIEUX	Jacques	Cardiologie
BEZIAT	Jean-Luc	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
CHAYVIALLE	Jean-Alain	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
CORDIER	Jean-François	Pneumologie ; addictologie
DALIGAND	Liliane	Médecine légale et droit de la santé
DROZ	Jean-Pierre	Cancérologie ; radiothérapie
FLORET	Daniel	Pédiatrie
GHARIB	Claude	Physiologie
GOUILLAT	Christian	Chirurgie digestive
MAUGUIERE	François	Neurologie
MELLIER	Georges	Gynécologie
MICHALLET	Mauricette	Hématologie ; transfusion
MOREAU	Alain	Médecine générale
NEIDHARDT	Jean-Pierre	Anatomie
PUGEAUT	Michel	Endocrinologie
RUDIGOZ	René-Charles	Gynécologie
SINDOU	Marc	Neurochirurgie
TOURAINÉ	Jean-Louis	Néphrologie
TREPO	Christian	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
TROUILLAS	Jacqueline	Cytologie et histologie

Maîtres de Conférence – Praticiens Hospitaliers Hors classe

BENCHAIB	Mehdi	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
BRINGUIER	Pierre-Paul	Cytologie et histologie
CHALABREYSSE	Lara	Anatomie et cytologie pathologiques
GERMAIN	Michèle	Physiologie
KOLOPP-SARDA	Marie Nathalie	Immunologie
LE BARS	Didier	Biophysique et médecine nucléaire
NORMAND	Jean-Claude	Médecine et santé au travail
PERSAT	Florence	Parasitologie et mycologie
PIATON	Eric	Cytologie et histologie
SAPPEY-MARINIER	Dominique	Biophysique et médecine nucléaire
STREICHENBERGER	Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
TARDY GUIDOLLET	Véronique	Biochimie et biologie moléculaire

Maîtres de Conférence – Praticiens Hospitaliers

Première classe

BONTEMPS	Laurence	Biophysique et médecine nucléaire
CHARRIERE	Sybil	Nutrition
COZON	Grégoire	Immunologie
ESCURET	Vanessa	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
HERVIEU	Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
LESCA	Gaëtan	Génétique
MENOTTI	Jean	Parasitologie et mycologie
MEYRONET	David	Anatomie et cytologie pathologiques
PHAN	Alice	Dermato-vénéréologie
PINA-JOMIR	Géraldine	Biophysique et médecine nucléaire
PLOTON	Ingrid	Biochimie et biologie moléculaire
RABILLOUD	Muriel	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
SCHLUTH-BOLARD	Caroline	Génétique
TRISTAN	Anne	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
VASILJEVIC	Alexandre	Anatomie et cytologie pathologiques
VENET	Fabienne	Immunologie
VLAEMINCK-GUILLEM	Virginie	Biochimie et biologie moléculaire

Maîtres de Conférences – Praticiens Hospitaliers

Seconde classe

BOUCHIAT SARABI	Coralie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
BUTIN	Marine	Pédiatrie
CASALEGNO	Jean-Sébastien	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
COUR	Martin	Réanimation ; médecine d'urgence
COUTANT	Frédéric	Immunologie
CURIE	Aurore	Pédiatrie
DURUISSEAU	Michaël	Pneumologie
HAESEBAERT	Julie	Médecin de santé publique
JOSSET	Laurence	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
LEMOINE	Sandrine	Physiologie
MARIGNIER	Romain	Neurologie
NGUYEN CHU	Huu Kim An	Pédiatrie Néonatalogie Pharmaco Epidémiologie
ROLLAND	Benjamin	Clinique Pharmacovigilance
SIMONET	Thomas	Psychiatrie d'adultes
		Biologie cellulaire

Maîtres de Conférences associés de Médecine Générale

PIGACHE	Christophe
DE FREMINVILLE	Humbert
ZORZI	Frédéric

Maître de Conférences

LECHOPIER	Nicolas	Epistémologie, histoire des sciences et techniques
NAZARE	Julie-Anne	Physiologie
PANTHU	Baptiste	Biologie Cellulaire
VIALLO	Vivian	Mathématiques appliquées
VIGNERON	Arnaud	Biochimie, biologie
VINDRIEUX	David	Physiologie

REMERCIEMENTS

Au directeur de thèse et président du Jury :

A Monsieur le Professeur Olivier ROUVIERE, pour m'avoir fait l'honneur d'être le président et directeur de ce travail de thèse. Mes remerciements ne saluent pas seulement vos conseils avisés et votre disponibilité pour ce travail, mais également vos qualités humaines. Je vous témoigne ma sincère gratitude.

Aux membres du jury :

A Monsieur le professeur FEUGIER Patrick, vous qui êtes un expert reconnu pour l'endofibrose artérielle, vous me faites l'honneur de juger ce travail. Vous m'avez permis de faire une thèse confrontant le suivi à long terme des patients et les explorations radiologiques associées, apportant encore plus de pertinence à ce travail.

A Monsieur le Professeur BOUSSEL Loïc, je suis honoré que vous siégez dans ce jury. Merci pour votre enseignement précieux et vos conseils lors de mon passage dans votre service.

A Monsieur le Professeur PIALAT Jean-Baptiste, pour votre expertise en imagerie des pathologies liés au sport, vos connaissances transmises en DIU et au sein du service. Vous me faites l'honneur d'évaluer ce travail.

Aux enseignants hospitaliers,

Aux nombreux Professeurs qui m'ont initié à leur spécialité et transmis de précieuses connaissances pendant mon internat : Pr PJ VALETTE, Pr ROUSSET, Pr DOUEK, Pr REVEL, Pr BERTHEZENE, Pr PRACROS, Pr GUIBAUT, Pr PILLEUL.

Aux nombreux chefs de clinique, assistants et praticiens hospitaliers qui m'ont appris au quotidien le métier de radiologue et que je ne peux malheureusement pas tous citer. Je tiens à remercier l'équipe d'imagerie de l'hôpital Edouard Herriot (Michel, Gaelle P, Paul, Sarah, Paul-Hugo, Jean C) et l'équipe d'imagerie des hôpitaux Est (Neurologie, HFME et cardiologie).

A Me Rabioud, Me Goutain-Majorel et Melle Bedel pour leur aide à ce travail de thèse (données statistiques et dosimétries).

Aux Dr Giroin Nicolas, Dr Papillard Matthieu et Dr Boutier Romain pour leurs précieuses relectures de scanner au sein de l'étude.

Au Dr Rosset Rémy, pour son aide au travail de thèse et à son énergie débordante.

Aux équipes médicales et para-médicales,

Pour votre soutien et vos conseils. Notamment aux manipulateurs radio, secrétaires que j'ai pu cotôyer tout au long de l'internat.

A mes amis,

A Pierre L, Arthur, Alex, Thibault, Adrien, Sylvain, Thomas, Pierre G, la « fine équipe » pour tous ses bons moments passés à Toulouse, à la fac ou en dehors, nos innombrables virées, les expressions de lacap...

A Julien B, Arthur R, Juliette et Zoé et autres de la bande de Blagnac, toujours motivés pour de nouvelles aventures à Toulouse ou à Paris.

A Edouard, Damien, Guillaume, Jonahtan pour votre bonne humeur et votre humour, pour tous ces bons moments passés au sport ou à s'amuser.

A Thibault B, Jeanne, Camille, Sylvain et Marianne pour les moments passés en colocation.

A Sofiane, Jordan et autres collègues du lycée,

A tous ceux que je ne peux citer, notamment aux co-externes avec qui j'ai travaillé...

A mes co-internes,

A Arnaud et Flavia, les « boss » de la promo

A Sylvain, Thibault G (champion hors norme), Sophie, Vincent, Julien, Marie, Laurene, Lucie, Meriem, pour les cours à Paris et notre cohésion.

A Badis, toujours au top et à ce bon vieux Bailleux

A Mehdi, le bon rôleur, Flo, Cyril et Marion pour leur bonne humeur à l'HFME et à B, à Hadrien, pour son humour et les bons moments passés à Cardio

A ce sacré Bani,

A Pierre C pour le stage au CLB, Sara et Celia (à P), toujours sympas.

A tous les autres internes avec qui j'ai travaillé (que je ne peux malheureusement pas tous citer) et à tous les membres de l'ALAIR

A ma famille,

Merci à mes parents

Merci à Charlotte, à Willy ainsi qu'à Noé

Merci à Marie, Vincent, Clémence et à Augustine

A tous les autres membres de ma famille

LE SERMENT D'HIPPOCRATE

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

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance.

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

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement la vie ni ne provoquerai délibérément la mort.

Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission.

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

**COMPARAISON DE L'ANGIO-SCANNER DES
MEMBRES INFERIEURS A
L'ARTERIOGRAPHIE DANS LE DIAGNOSTIC
D'ENDOFIBROSE ARTERIELLE CHEZ DES
SPORTIFS D'ENDURANCE**

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	16
1.1 EPIDEMIOLOGIE - DEFINITION	
1.2 PHYSIOPATHOLOGIE	
1.3 DIAGNOSTIC	
1.3.1 EVALUATION CLINIQUE	
1.3.2 EVALUATION PARA-CLINIQUE	
1.4 PRISE EN CHARGE THERAPEUTIQUE	
1.5 PROBLEMATIQUE	
2.ARTICLE SCIENTIFIQUE.....	28
2.1.RESUME	28
2.2.ARTICLE ORIGINAL.....	30
3.DISCUSSION.....	34
4.REFERENCES	48
CONCLUSIONS	60

Liste des abréviations :

EIA : external iliac artery

CIA : common iliac artery

LCA : lateral circumflex artery

ABPI : ankle-brachial pressure index

DSA : digital subtraction angiography

CTA : computer tomography angiography

ECG : electrocardiogram

kV : kilovolt

mAs : milliampere per second

F : French

mSv/Gy.cm² : millisievert per milligray per centimeter²

KAP : kerma-area-product

CCC : concordance correlation coefficient

1. INTRODUCTION

1.1 EPIDEMIOLOGIE :

L'endofibrose artérielle est une pathologie rare, qui affecte les jeunes sportifs d'endurance de haut niveau et généralement en bonne santé (sans facteur de risque cardio-vasculaire), principalement des cyclistes ou plus rarement des coureurs. Elle est caractérisée par la survenue de sténoses artérielles liées à un épaississement intimal, le plus souvent au niveau des premiers centimètres de l'artère iliaque externe. [1]. Elle se manifeste principalement par douleurs du membre inférieur concerné lors des efforts supra-maximaux, les douleurs cèdent ensuite rapidement après l'arrêt de l'effort.

Cette pathologie a été initialement observée en 1979 et 1983 par Mossiman et Walder ([2] et [3]) qui ont rapporté deux cas d'épaississement fibreux intimal chez de jeunes sportifs présentant des douleurs de jambe liés à l'effort et s'aggravant progressivement.

La pathologie a été ensuite mieux définie en 1986 par Chevalier et al [4], qui ont rapporté 7 cas de jeunes cyclistes opérés pour des sténoses iliaques modérées se manifestant par une claudication lors d'effort maximal.

Malgré une augmentation progressive du nombre de cas diagnostiqués (par une probable meilleure connaissance de la pathologie), la prévalence reste mal connue, estimée au sein des cyclistes de moins de 40 ans à 10-20%. [5]

De même, l'incidence semble beaucoup plus élevée que celle décrite auparavant, de l'ordre de 10 à 20% chez les sportifs de haut niveau [5].

Les patients atteints ont le plus souvent commencé leur pratique sportive dans l'adolescence (âge moyen : 12-14 ans) et la moyenne d'âge des patients bénéficiant d'un traitement chirurgical est de 27 ans.

La moyenne d'âge des patients atteints est estimée de 27 ans à 34 ans [6].

La plupart des patients n'ont aucun facteur de risque cardiovasculaire, et notamment pas de prédisposition familiale à la survenue de pathologie cardio-vasculaire.

Une prédominance masculine est décrite : le ratio homme-femme dans la littérature est estimé de 4:1 à 14:1 [7], ceci est probablement amplifié par la plus grande proportion d'hommes au sein des sportifs de haut niveau.

La distance moyenne de kilomètres parcourus par an semble être le facteur de prédisposition le plus important à la pathologie. Ainsi, une distance parcourue de plus de 14 500 km/an (pour un cycliste) est un important facteur étiologique d'endofibrose [8].

La distance moyenne de km parcourus avant l'apparition de symptômes est estimée à 120 000 km pour les cyclistes [7]. Cependant, la pathologie peut survenir après un nombre variable d'années de pratique sportive, l'intensité de la pratique sportive (nombre de km parcourus par an) semblant plus déterminante que l'ancienneté de celle-ci.

Les sportifs atteints pratiquent majoritairement le cyclisme en compétition (90 % des cas d'après Schep et al. [9]), en amateur ou en professionnel. De rares cas ont été décrits dans d'autres sports : course à pied d'endurance (4%), triathlon (3 %), patinage de vitesse, football, tennis ou musculation.

1.1 DEFINITION :

L'endofibrose se définit en histologie par une hyperplasie intimale avec une accumulation sous-endothéliale de tissu conjonctif lâche contenant des quantités variables de collagène, d'élastine et de cellules musculaires lisses.

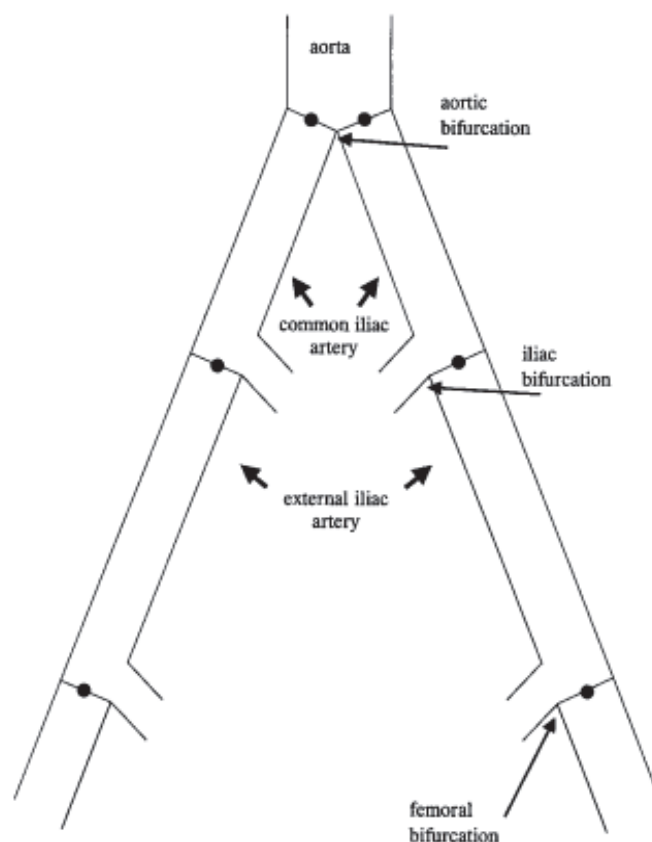
Cette hyperplasie est le plus souvent asymétrique au niveau de la paroi artérielle, de distribution circonférentielle ou excentrée, disposée en une ou plusieurs lames.

Contrairement au mécanisme de l'athérosclérose, les fibres de collagène sont compactées, l'endothélium est intact et il n'existe pas de dépôt lipidique extra-cellulaire

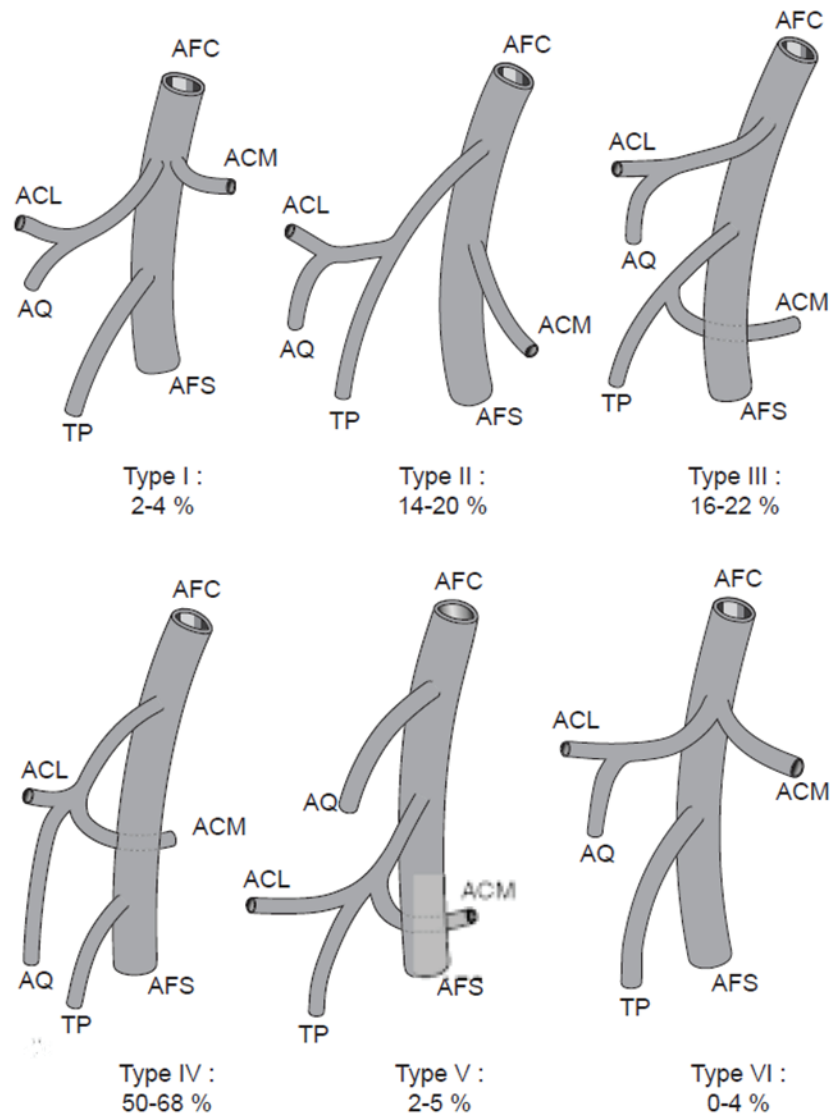
La média et l'adventice de la paroi artérielle sont relativement préservées, ce qui la distingue des autres pathologies responsables de sténoses artérielles chez le sujet jeune : dysplasie fibro-musculaire, kyste adventiciel...

Cette pathologie atteint principalement l'artère iliaque externe (>90 % des cas) mais aussi les artères iliaques communes ou les branches fémorales profondes. Concernant les branches artérielles fémorales profondes, les sténoses siègent essentiellement sur l'artère fémorale circonflexe latérale ou sur la branche descendante de l'artère fémorale circonflexe latérale (également appelée artère quadricipitale).

L'atteinte est plus fréquemment unilatérale à gauche, sans qu'une cause sous-jacente à cette asymétrie ne soit démontrée (efforts musculaires asymétriques ?). Cette prédominance gauche est variable selon la littérature : de 52 % à 80-90% selon les études.



Répartition schématique de la topographie de l'atteinte artérielle dans l'endofibrose



Les variantes anatomiques des branches fémorales profondes [10]

AQ : Artère quadricipitale = branche descendante de l'artère fémorale circonflexe latérale

ACL : artère fémorale circonflexe latérale

TP : tronc des perforantes

1.2 PHYSIOPATHOLOGIE :

La physiopathologie de cette entité est mal connue, plusieurs hypothèses existent, principalement d'origine mécanique. Les facteurs anatomiques favorisant évoqués sont : une hypertrophie du psoas, une fixation de l'artère iliaque par des branches artérielles du psoas ou par les fascias musculaires adjacents, une bifurcation iliaque haute, une longueur excessive des vaisseaux iliaques, le kinking (plicature) de l'artère iliaque externe favorisé par les flexions répétées de hanche, l'existence d'une artère sciatique persistante [11] et [12].

En effet, l'hypertrophie du psoas générée par les flexions répétées de hanche (mouvements de pédalage) peut participer aux déformations de l'artère et se traduire par une asymétrie de circonférence des cuisses (de plus de 3 cm du côté atteint).

La fixation de l'artère iliaque externe par des branches artérielles (notamment celles à destinées du psoas) ou par des fascias notamment à son passage sous le ligament inguinal est favorisée par les mouvements répétés, ce phénomène de perte de mobilité de l'artère contribue au kinking et au stress mécanique pariétal.

En outre, l'autre mécanisme physiopathologique principal évoqué est lié à des facteurs hémodynamiques : débit sanguin élevé dû à une augmentation du débit cardiaque lors de l'effort pouvant provoquer un cisaillement interne et entraîner des micro-traumatismes de la paroi vasculaire.

La prédominance de cette pathologie chez les cyclistes semble être liée aux positions aérodynamiques extrêmes adoptées et aux efforts répétés sur les pédales conduisant à une hypertrophie du psoas ainsi qu'à des plicatures itératives sur le segment artériel iliaque mobile (facteurs mécaniques cités ci-dessus).

Le kinking artériel (phénomène de plicature des vaisseaux), est favorisé par la fixation artérielle et l'excès de longueur des vaisseaux. Il survient le plus souvent dans la portion centrale des artères iliaques, là où prédomine les sténoses artérielles, d'où un probable lien entre ces deux entités. Il est défini par un rapport entre longueur du vaisseau iliaque et la distance en ligne droite supérieur à 1,25.

Le continuum entre kinking artériel et endofibrose est probable, le kinking pouvant conduire à une sténose artérielle telle que décrite dans l'endofibrose ou simuler une endofibrose. En effet, il semble exister des cas de kinking se manifestant par une baisse du débit sanguin (avec augmentation des vitesses systoliques en doppler) dans l'artère iliaque sans lésion de sténose. Ces sténoses artérielles iliaques prédominent également dans la plus grande courbure du segment artériel fléchi [1].

Chez les athlètes atteints, la longueur des vaisseaux iliaques est significativement plus importante que chez des athlètes asymptomatiques, montrant également le rôle prédisposant de la longueur des vaisseaux iliaques.

Il est admis que les facteurs physiopathologiques à l'origine de sténoses des segments artériels mobiles (vaisseaux iliaques) sont distincts de ceux retrouvés dans les sténoses des segments non mobiles (branches artérielles fémorales). Les sténoses distales au niveau des branches artérielles fémorales profondes semblent plus liées à d'autres facteurs que le kinking (en raison de leur caractère non mobile), le débit sanguin très élevé (facteur hémodynamique) passant au sein de ces artères et se destinant notamment au quadriceps semble jouer un rôle prédominant.

En somme, les facteurs favorisant semblent essentiellement d'ordre mécanique, par conjonction de la déformation répétée de l'artère et d'une situation hémodynamique supra-normale, ce qui est également décrit dans d'autres pathologies artérielles liées au sport.

Une prédisposition métabolique à l'endofibrose a également été évoquée. Notamment un taux élevé d'homocystéine peut être associé à l'endofibrose. Jusqu'à 75% des patients opérés d'endofibrose présentaient un trouble du métabolisme de la méthionine se traduisant par une augmentation du taux d'homocystéine et d'homocystéinurie. [12]

L'endofibrose peut se compliquer de dissection artérielle, de thrombose aiguë ou d'occlusion chronique, le taux de complications est estimé à 4,6 % des patients atteints d'endofibrose.

Les lésions d'endofibrose non traitées prédisposent probablement à l'athérosclérose.

1.3 DIAGNOSTIC :

1.3.1 EVALUATION CLINIQUE :

La symptomatologie la plus souvent décrite est une claudication d'effort supra-maximal (>90 % des cas) : douleur paralysante à type de crampe (50 %) ou sensation de gonflement (« cuissard trop serré ») qui se développe dans le mollet, la cuisse ou la fesse du côté atteint [13]. Ces deux signes peuvent être associés (25 % des cas). [14]

Les symptômes sont le plus souvent unilatéraux et liés à l'effort, le diagnostic est souvent difficile et retardé, d'autres étiologies musculaires ou neurologiques étant souvent évoquées.

Il peut également s'agir d'une claudication artérielle à la marche.

Plus rarement, il peut s'agir d'un tableau d'ischémie sub-aigue du membre inférieur par thrombose aigue de l'artère (dans 1 à 7% des cas d'après la littérature) ou de paresthésies voir d'œdème du membre survenant en fin d'effort.

Le côté le plus souvent symptomatique est le côté gauche et moins de 15% des patients présentent des symptômes bilatéraux lors de la présentation initiale.

Les manifestations cèdent rapidement au repos et ne sont pas restreintes à un muscle ou à un tendon.

Le critère diagnostique clinique le plus évocateur est la survenue des symptômes lors d'efforts maximaux ou supra-maximaux : montées de côtes, attaques, épreuves chronométrées... et leur régression à l'arrêt de l'effort.

Les symptômes s'aggravent progressivement au cours de la saison sportive et sont plus modérés après une période de repos, ils peuvent avoir complètement régressé en début de saison sportive.

Plus rarement, il peut s'agir de douleurs abdominales par détournement du sang artériel mésentérique au profit du membre inférieur atteint lors de l'effort (pour compenser la baisse de perfusion en aval de la sténose artérielle).[5]

L'examen clinique est le plus souvent normal. Notamment les pouls sont bien palpés et il n'existe classiquement pas de souffle vasculaire.

La présence d'un souffle artériel au niveau de l'aîne au repos, parfois cuisse fléchie, est fréquemment observé chez les athlètes hautement entraînés en raison d'une faible fréquence cardiaque au repos. Une différence d'intensité de ce bruit entre les deux membres inférieurs a été historiquement rapportée dans l'endofibrose, manquant cependant de spécificité comme les autres signes cliniques [15]. L'interrogatoire reste le temps essentiel du diagnostic clinique de cette affection.

Compte tenu de la faible fréquence de la pathologie et des signes cliniques non spécifiques, le délai diagnostique moyen est souvent long, estimé entre 12 et 41 mois et le diagnostic survient souvent après plusieurs mois de physiothérapie inefficace [5].

Les symptômes évocateurs sont souvent attribués à des causes neurologiques ou musculo-squelettiques. D'où l'intérêt de poursuivre les investigations au moindre doute clinique.

1.3.2 EVALUATION PARA-CLINIQUE :

TEST D'EFFORT :

L'hypothèse diagnostique d'endofibrose artérielle est renforcée par la réalisation d'un test d'effort sur cycle adapté ou tapis roulant avec mesure de l'index de pression systolique à la

cheville (en début et fin d'effort), celui-ci diminuant en fin d'effort du côté du membre atteint. L'index de pression systolique est le rapport entre la pression artérielle systolique mesurée à la cheville et la pression artérielle brachiale.

Un index de pression systolique (IPS) à la cheville inférieur à 0,50 (certains auteurs retiennent une valeur seuil $< 0,66$) 1 à 5 minutes après la fin de l'effort à charge lourde est considéré comme pathologique. Une différence d'IPS de 0,18 entre les deux jambes ou un écart de pression entre les 2 chevilles > 23 mmHg est également un critère diagnostique utilisé.

Ces mesures doivent être réalisées en position de décubitus, dès les premières minutes après la fin d'un effort réalisé à charge maximale.

Cependant, la capacité diagnostique du test d'effort par mesure de l'IPS est limitée par la présence d'artères tortueuses ou anormalement longues, en effet, la pression en fin d'effort au niveau de ces membres est souvent basse limitant la spécificité de l'index de pression systolique. La différence de pression entre les deux jambes présente alors un plus grand intérêt. [16].

En cas d'épreuve d'effort négative et de symptomatologie typique, il convient de poursuivre les investigations para-cliniques pour rechercher une atteinte fémorale profonde ou quadricipitale qui, par définition, n'induit pas de baisse de pression artérielle à la cheville.

La mesure de la puissance développée lors du pédalage peut également être utilisée dans la démarche diagnostique. En effet, d'après Kleinloog et al. [17], la différence de puissance moyenne entre les deux jambes rapportée à la puissance développée à 95% de la puissance maximale atteinte est la variable la plus discriminante avec 5,10 comme valeur seuil.

Un bilan d'imagerie est indispensable non seulement pour le diagnostic mais aussi pour le bilan pré-thérapeutique. Il peut être réalisé par l'écho-doppler, l'angio-scanner ou l'artériographie des membres inférieurs.

ECHO-DOPPLER ARTERIEL DES MEMBRES INFERIEURS :

L'écho-doppler est souvent réalisé en cas de suspicion d'endofibrose, cet examen peut retrouver des accélérations de flux intra-sténotique (significative pour $PSV > 3$ m/s) hanche fléchie au repos mais surtout en post-effort, le plus souvent au niveau de l'artère iliaque externe. Cet examen permet d'évaluer l'anatomie des artères iliaques notamment la présence d'un kinking artériel.

Cet examen peut également objectiver un épaississement pariétal isoechogène souvent excentrique, en faveur du diagnostic.

D'après Schep et al. [18], au niveau de l'artère iliaque externe, l'échographie-doppler retrouvait un kinking artériel chez 39% des patients symptomatiques contre 11% des patients asymptomatiques et des lésions intra-vasculaires seraient retrouvées chez 61% des patients symptomatiques contre 9% des patients asymptomatiques. Au total, des anomalies échographiques (kinking ou lésion intra-vasculaire) étaient retrouvées chez 82% des patients symptomatiques et la sensibilité (en comparaison à l'examen anatomopathologique) était estimée à 86%. Cependant, il s'agissait de patients atteints de formes relativement sévères de la maladie et la sensibilité réelle de cet examen est certainement plus faible.

En réalité, l'écho-doppler semble présenter une valeur prédictive négative faible pour le diagnostic d'endofibrose chez des patients sportifs. En effet, l'augmentation des vitesses intra-artérielles au repos n'est retrouvée que dans les sténoses sévères, limitant les capacités diagnostiques de cet examen dans les formes modérées.

Un doppler normal ne permet pas d'éliminer l'hypothèse diagnostique d'endofibrose.

L'examen échographique permet de réaliser des manœuvres dynamiques notamment de détecter un kinking pouvant se manifester uniquement hanche fléchi.

L'échographie doppler peut être réalisée après un effort reproduisant les douleurs. Il permet d'objectiver une accélération des flux et des dispersions spectrales au niveau des zones d'épaississement pariétal constatés au repos, la comparaison avec le côté contro-latéral étant importante pour distinguer l'accélération physiologique des flux après effort. L'apparition d'un flux diastolique à l'effort est évocatrice d'une sténose hémodynamique [19].

ARTERIOGRAPHIE DES MEMBRES INFERIEURS :

C'est l'examen de référence pour la confirmation diagnostique et apporter des éléments anatomiques utiles à la prise en charge chirurgicale.

L'artériographie des membres inférieurs est un geste relativement invasif, justifiant le plus souvent une courte hospitalisation (24 h) et un bilan de coagulation préalable.

Elle est réalisée sous anesthésie locale, par ponction fémorale (Seldinger) controlatérale au membre symptomatique, à l'aide d'une sonde 5F.

Les clichés réalisés en cas de suspicion d'endofibrose artérielle incluent : des clichés des deux axes iliaques de face et en projection oblique antérieur droite et gauche, des clichés sélectifs de l'artère iliaque du côté symptomatique en projection oblique controlatérale hanche tendue puis fléchie, des clichés sélectifs des branches artérielles fémorales profondes du côté symptomatique hanche en extension et enfin des clichés des branches artérielles fémorales profondes du côté asymptomatique.

Les sténoses retrouvées dans l'endofibrose artérielle sont souvent subtiles, parfois seulement visible en comparant avec le côté controlatéral sain.

La plupart des sténoses visualisées concernent le tiers distal de l'artère iliaque commune et les deux tiers proximaux de l'artère iliaque externe. Ces sténoses iliaques sont centrées, longues et modérées : inférieur à 50 % dans 99 % des cas [1].

La plupart d'entre elles sont associées à un kinking hanche fléchi et celui-ci est permanent dans 20 à 30% des sténoses iliaques

Les sténoses iliaques semblent également être plus longues chez les femmes bien qu'aucun mécanisme sous-jacent à cette possible association ne soit connu.

A l'opposé, les sténoses des branches artérielles fémorales profondes sont courtes et serrées (en diaphragme), le plus souvent à l'origine de l'artère circonflexe latérale ou de la branche descendante de l'artère circonflexe.

Cet examen permet également de réaliser des mesures de pression intra-artérielle, permettant de retrouver des gradients de pression au niveau des segments atteints surtout après administration de vasodilatateur.

Une classification des lésions retrouvées en artériographie a été proposée. [1] Elle distingue l'atteinte iliaque commune de l'atteinte iliaque externe et de l'atteinte fémorale profonde.

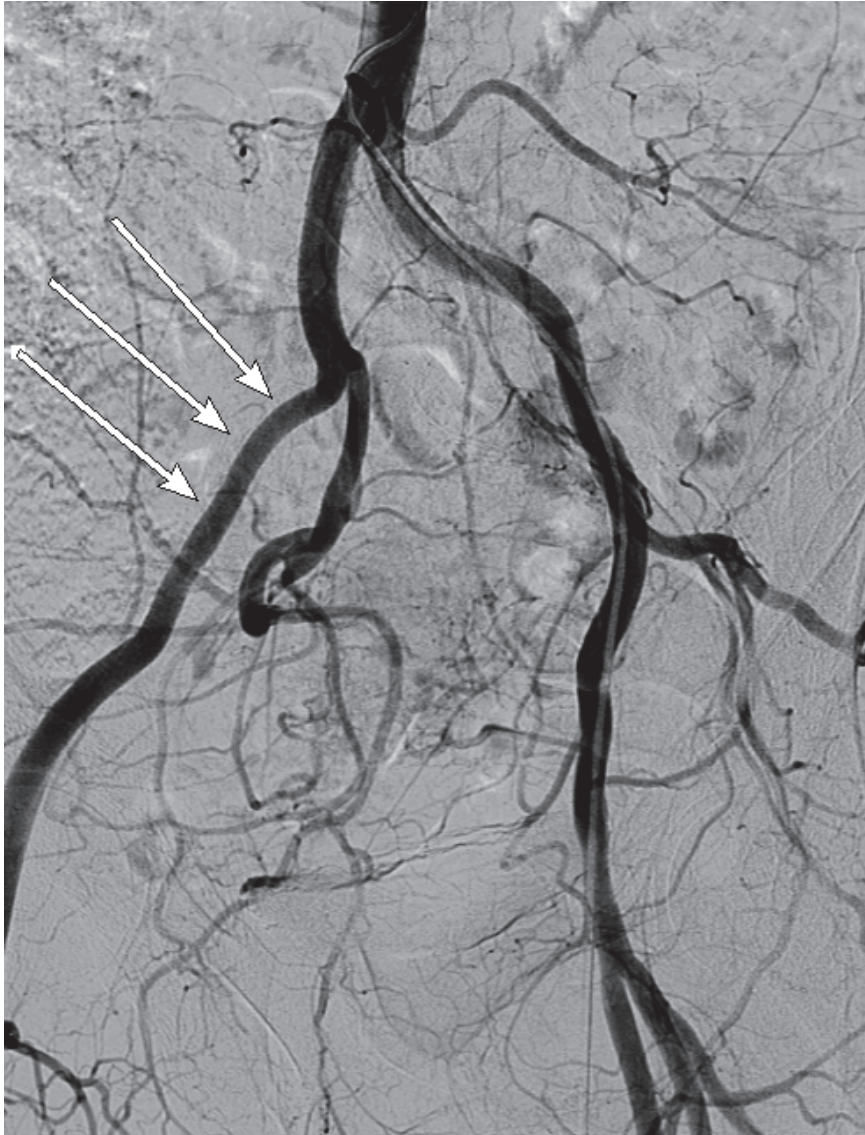
	Type	Atteinte
Artère iliaque commune	C1	1/3 proximal avec possible extension au 1/3 moyen sans atteinte du tiers distal
	C2	1/3 moyen
	C3	1/3 distal avec possible extension au 1/3 moyen sans atteinte du tiers proximal
	C4	Toute la longueur
	C5	Thrombose
Artère iliaque externe	E1	1/3 proximal avec possible extension au 1/3 moyen sans atteinte du tiers distal
	E2	1/3 moyen
	E3	1/3 distal avec possible extension au 1/3 moyen sans atteinte du tiers proximal
	E4	Toute la longueur
	E5	Thrombose
Branches artérielles fémorales profondes	F1	Artère circonflexe latérale
	F2	Branche descendante circonflexe latérale
	F3	Autres localisations
	F4	Multiplés localisations
	F5	Thrombose du tronc commun ou des branches fémorales profondes

La place de l'artériographie comme gold standard pour le diagnostic d'endofibrose artérielle est débattue.

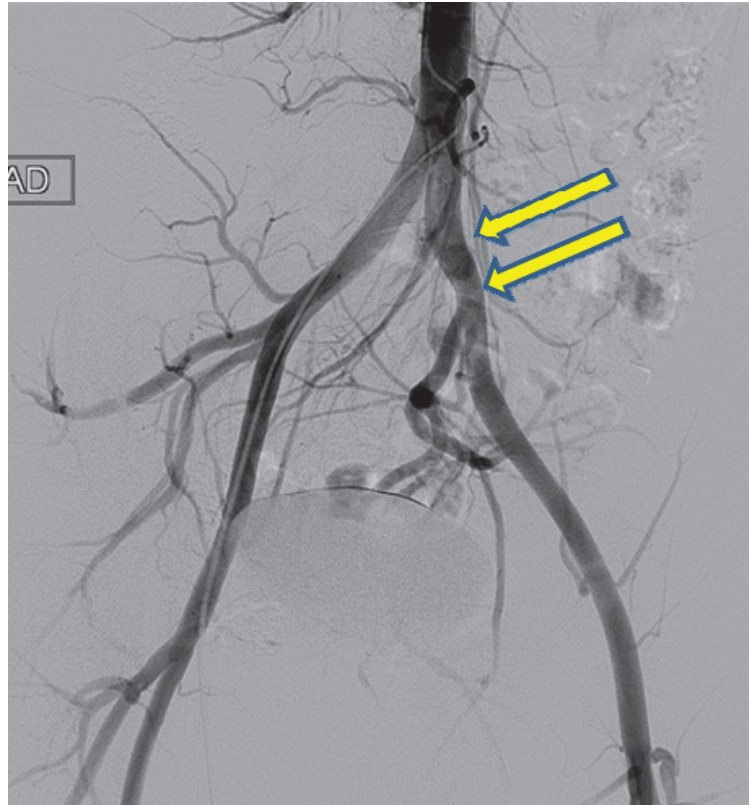
Kral et Al. [20] rapporte une sensibilité de 100% de l'artériographie lorsque celle-ci est réalisée en position de course (hanche fléchie).

Alimi et Al. [21] rapporte une sensibilité de l'artériographie de 53.8% et de 57.1% respectivement pour la détection des sténoses de l'iliaque externe et pour la détection des branches artérielles du psoas.

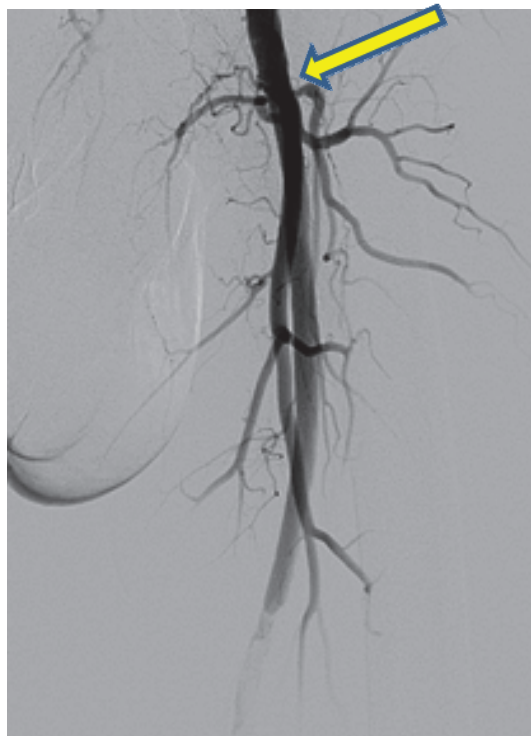
Sa spécificité est estimée à 100 % dans la littérature avec toutefois, un taux élevé de faux-négatifs, notamment l'artériographie peut manquer ou sous-estimer des sténoses de l'artère iliaque commune.



Atteinte iliaque externe droite E4 liée à une endofibrose en artériographie



Atteinte iliaque commune gauche sur ce cliché d'artériographie de face en incidence oblique antérieure droit, classée C3, confirmée lors de l'examen anatomopathologique de la pièce opératoire



Ancien cycliste professionnel de 60 ans se plaignant de claudications de cuisse gauche lors d'efforts supra-maximaux, présentant une sténose quadricipitale gauche sur endofibrose visible en artériographie

ANGIO-SCANNER DES MEMBRES INFERIEURS :

L'angio-scanner permet le diagnostic de sténoses des axes iliaques et fémorales de façon non invasive, par une acquisition commençant au dessus de la bifurcation aorto-iliaque et s'étendant jusqu'à mi-cuisse.

L'acquisition doit être réalisée avec gating-ECG dans l'endofibrose en raison de la faible fréquence cardiaque au repos de ces jeunes sportifs, induisant à chaque systole d'importants mouvements de la paroi artérielle et générant ainsi des artéfacts cinétiques en l'absence de gating-ECG.

Cet examen peut être réalisé avec des acquisitions dynamiques (hanche fléchie et tendue) et permet de réaliser des reconstructions 3D.

Le scanner permet d'estimer précisément le degré de sténose artérielle (notamment avec les logiciels de post-traitement) mais pas l'excès de longueur des vaisseaux iliaques et l'existence d'un éventuel kinking puisqu'il est difficile de réaliser des acquisitions en flexion de cuisse. [22]

Sa place dans la démarche diagnostique de l'endofibrose est mal connue.

Comme dans l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs, l'angio-scanner semble présenter un intérêt dans le diagnostic positif de l'endofibrose en raison de sa grande résolution spatiale et de son caractère moins invasif que l'artériographie.

Ces deux examens sont des examens irradiants par leur exposition aux rayons X, élément important à prendre en compte dans le cadre de l'endofibrose compte tenu de l'âge des patients et du champ d'irradiation incluant les gonades. Le scanner avec gating-ECG présente une dose d'irradiation plus importante que le scanner sans gating-ECG. Toutefois, les progrès effectués avec les nouveaux scanners limitent cette différence, certaines études rapportant une dose efficace moyenne délivrée lors d'un coro-scanner avec gating-ECG à 1.3 mSv [23], ce qui est relativement peu important (dose d'irradiation naturelle de l'ordre de 3mSv/an) et comparable à la coronarographie. Par analogie, un angio-tdm des membres inférieurs semble pouvoir présenter une dose d'irradiation semblable à une artériographie des membres inférieurs.

L'angio-IRM permet d'évaluer précisément un kinking de l'artère iliaque commune par la réalisation de l'examen hanche fléchi [24]. D'après Schep G et Al. [24], cet examen serait également plus sensible que l'artériographie pour la détection des lésions intra-vasculaires d'endofibrose. De plus, cet examen est intéressant par son caractère non irradiant mais sa moindre résolution spatiale (comparativement au scanner) semble limiter la détection des sténoses souvent modérées. Cependant, peu d'études ont évalué sa place dans le diagnostic de l'endofibrose.

D) Prise en charge thérapeutique :

Le traitement conservateur doit être instauré en premier, celui-ci inclut les mesures suivantes :

- arrêt du sport ou changement de sport pour une pratique ne nécessitant pas d'hyperflexion répétée de hanche, à défaut diminution de l'intensité de la pratique sportive

- ajustement de la position sur le vélo afin de diminuer les mouvements de flexion de hanche : monter le guidon, avancer la selle

Ces mesures sont toutefois le plus souvent insuffisantes chez des sportifs de haut niveau, cette population souhaitant poursuivre leur activité physique à la même intensité.

Le traitement endo-vasculaire par angioplastie ne doit être réservé qu'à quelques rares cas. Il peut être efficace à court terme mais la majorité des patients récidivent dans les 8 semaines suivant l'intervention [25].

De plus, l'angioplastie ne permet pas de traiter l'excès de longueur d'un vaisseau et présente un

risque de complication locale non négligeable (dissection, re sténose, faux anévrisme).

Le stenting est également peu efficace dans l'endofibrose en raison du risque de fracture ou de migration du stent induit par le stress mécanique intra-artériel, il peut également favoriser l'hyperplasie intimale (et donc les récives). Ce type de traitement semble également plus efficace chez les sportifs pratiquant la course à pied que le cyclisme en raison des contraintes mécaniques liées à l'hyperflexion de hanche, ce qui reste une minorité des patients atteints d'endofibrose.[12]

La chirurgie ouverte est le traitement de référence dans la prise en charge de l'endofibrose. Elle peut associer une libération du tissu fibreux et de toutes les branches de division de l'artère iliaque externe (en particulier la branche du psoas si elle est présente) chez les patients présentant une fixation anormale des vaisseaux ou un kinking artériel prouvé à une reconstruction artérielle (raccourcissement artériel et endofibrosectomie).

La reconstruction artérielle est réalisée en cas de sténose artérielle avérée par endofibrosectomie associée à un raccourcissement artériel ou par endofibrosectomie seule (si la longueur des vaisseaux est normale) avec une utilisation d'un patch veineux pour la fermeture de l'arteriotomie.

Cette opération comporte les étapes suivantes en cas d'atteinte iliaque externe : incision longitudinale de l'artère iliaque externe, retrait des lésions d'endofibrose (endofibrosectomie), résection éventuelle d'une portion de l'artère en cas d'excès de longueur des vaisseaux, anastomose de l'artère et rétablissement du diamètre de l'artère à l'aide d'un patch veineux ou d'un patch artériel prélevé dans le segment artériel réséqué.

L'utilisation d'un patch prothétique ou d'une prothèse vasculaire est à éviter, en raison des contraintes mécaniques secondaires.

Certains chirurgiens réalisent un retrait complet du segment artériel rétrecci et son remplacement par un greffon de la veine saphène (technique du bypass).

Le traitement chirurgical semble présenter peu de complications et une bonne efficacité. D'après Chevalier et al. [8], moins de 3% des patients opérés présentent des complications et le délai moyen pour la reprise de l'activité sportive était estimé à 2,8 mois, 99% des patients traités chirurgicalement retrouvaient leur niveau sportif antérieur.

Sur un suivi moyen de 49,6 mois, 89.9 % des patients opérés n'avaient plus de symptômes d'effort en fin de suivi.

En post-opératoire, un traitement anti-agrégant est poursuivi systématiquement pendant plusieurs mois. Il peut être adjoit pendant la période péri-opératoire, un complément nutritionnel en vitamines B1-B6 et folates en cas de dépistage d'une hyperhomocystéinémie.

Certains auteurs préconisent un repos complet (aucune activité sportive) durant le premier mois post-opératoire et une reprise progressive du cyclisme ensuite, en incluant des séances de renforcement musculaire (course à pied, piscine...).[14]

Cependant, le traitement chirurgical doit être proposé en seconde intention après le traitement conservateur (et notamment le changement de sport si possible) en raison du risque de complications chirurgicales potentiellement graves.

1.5 PROBLEMATIQUE :

Actuellement, l'artériographie reste le gold standard comme examen d'imagerie dans le diagnostic positif d'endofibrose.

L'artériographie des membres inférieurs est un examen invasif nécessitant une ponction artérielle, exposant ainsi à des risques hémorragiques et infectieux. Elle justifie la réalisation d'un bilan de coagulation préalable, une surveillance du point de ponction après le geste et le plus souvent un pansement compressif ainsi qu'une courte hospitalisation. Cet examen présente ainsi un certain coût. De plus, il s'agit d'une imagerie 2D apportant moins de renseignements anatomiques que l'imagerie en coupes.

L'angio-scanner des membres inférieurs est un examen moins invasif et plus rapide, consistant en une acquisition spiralée depuis la distalité de l'aorte abdominale jusqu'à mi-cuisse après injection de produit de contraste. Cet examen ne nécessite pas de ponction artérielle (juste une simple pose de cathéter veineux) et peut être réalisé en ambulatoire. De plus, les progrès actuels autorisent une meilleure résolution spatiale permettant une meilleure détection des sténoses artérielles des branches de petit calibre (comme les branches artérielles fémorales profondes) pour une moindre irradiation, ce qui n'est pas négligeable chez ces jeunes patients avec un champ d'irradiation incluant les gonades.

Cet examen permet également de réaliser des reconstructions 3D permettant une meilleure étude anatomique et une planification du geste chirurgical.

Ainsi, par analogie avec l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs, il paraît intéressant de comparer les performances diagnostiques de l'angio-scanner des membres inférieurs à l'artériographie afin de limiter les indications de celle-ci dans la démarche diagnostique.

De plus, il n'existe que peu d'étude ayant évalué la place de l'angio-scanner des membres inférieurs dans la démarche diagnostique de l'endofibrose.

Nous avons donc entrepris une étude prospective monocentrique comparant les résultats de l'angioscanner et de l'artériographie des membres inférieurs chez 45 sportifs adressés pour suspicion clinique d'endofibrose artérielle uni ou bilatérale. Les résultats des deux examens ont ensuite été comparés aux données de suivi des patients sur près de dix ans.

2 . ARTICLE SCIENTIFIQUE :

2.1 RESUME :

PROBLEMATIQUE :

L'endofibrose artérielle est définie par un épaississement fibreux intimal responsable de sténoses principalement iliaques et atteint essentiellement les sportifs d'endurance, principalement les cyclistes. Les symptômes typiques incluent une claudication d'effort supra-maximal cédant après quelques minutes de repos. L'artériographie des membres inférieurs est l'examen diagnostique de référence mais demeure une procédure invasive. L'angio-scanner a remplacé l'artériographie dans l'évaluation de nombreuses pathologies vasculaires des membres inférieurs et nous avons supposé que cet examen apporterait des informations similaires à l'artériographie dans le diagnostic et l'évaluation de l'endofibrose.

Ainsi, le but de notre étude était de comparer l'angio-scanner et l'artériographie chez des patients suspects d'endofibrose artérielle.

Matériel et méthodes :

Il s'agit d'une étude prospective comparant l'angio-scanner à l'artériographie des membres inférieurs chez des patients suspects d'endofibrose artérielle (45 inclus) présentant un test d'effort positif. L'interprétation de l'angio-tomodensitométrie et de l'artériographie était réalisée par des lecteurs expérimentés en aveugle des données cliniques. Chaque membre était divisé en plusieurs segments artériels : artère iliaque commune, iliaque externe, artère circonflexe latérale et autres branches artérielles fémorales profondes.

Pour chaque segment artériel, plusieurs critères ont été évalués : présence d'une sténose, degré et longueur de sténose, classification CEF.

Le suivi au long terme était utilisé pour évaluer le diagnostic final au niveau de chaque membre. Le diagnostic d'endofibrose était considéré certain en cas de chirurgie avec confirmation à l'examen anatomopathologique, probable ou exclu selon l'évolution des symptômes pendant la période de suivi.

Résultats :

Les coefficients de corrélation concordance entre les résultats de l'artériographie et du scanner pour le diagnostic d'endofibrose étaient estimés à 0.74 (95% IC : 0.59;0.84), 0.77 (95% IC : 0.64; 0.85) et 0.67 (95% IC : 0.49; 0.79) pour les lecteurs 1,2 et 3 respectivement.

La concordance entre le scanner et l'artériographie pour le diagnostic d'endofibrose était modérée à bonne pour l'artère iliaque commune et l'artère iliaque externe (0.56 à 0.79), faible à modérée pour l'artère circonflexe latérale (0.35 à 0.61) et pour les autres branches fémorales profondes.

La sensibilité et spécificité étaient respectivement de 86.6% et 75% pour l'artériographie. Concernant le scanner, la sensibilité et spécificité étaient respectivement de 88.6% et 84.4% pour le lecteur 1, 86.3% et 75% pour le lecteur 2, 84.1% et 75% pour le lecteur 3.

Conclusion :

L'angio-scanner semble être une alternative non invasive à l'artériographie pour le diagnostic d'endofibrose chez des athlètes d'endurance.

BACKGROUND :

Arterial endofibrosis is characterized by intimal fibrosis causing progressive iliac stenosis and affects endurance athletes, mostly cyclists. Typical symptoms include claudication at maximum effort. Digital subtraction angiography is considered as the reference examination but remains an invasive procedure.

Computed tomography angiography (CTA) has replaced DSA in the assessment of many vascular conditions of the lower limbs and we hypothesized that it could provide similar information than DSA in diagnosis and assessment of endofibrosis.

Thus, the purpose of this study was to compare CTA and DSA findings in patients with clinical suspicion of arterial endofibrosis

METHODS :

Between April 30, 2008 and June 12, 2012, 45 endurance athletes were referred to our center for suspicion of arterial endofibrosis. Each patient received CTA and DSA of the lower limbs. CTA images and DSA images were interpreted by independent and experienced readers. Each member was divided into four arterial segments : common iliac artery, external iliac artery, lateral circumflex femoral artery and other locations on deep femoral artery.

For each arterial segment, the readers assessed the presence of a stenosis, quantified its degree (reduction in diameter: 0%, 1-10%, 11-50%, >50%) and its relative length (0%, 1-10%, 11-33%, 34-66%, >66% of the length of the arterial segment). Then, they assessed the C, E and F categories for each limb.

Long-term follow-up was used to assess the final diagnosis at the limb level. The diagnosis of endofibrosis was considered certain in case of surgery with suggestive pathological findings, likely or ruled according to the evolution of symptoms during the follow-up period.

RESULTS :

At limb level, CCC between DSA and CTA results for the diagnosis of endofibrosis were estimated at 0.74 (95% CI : 0.59;0.84), 0.77 (95% CI : 0.64; 0.85) and 0.67 (95%CI : 0.49; 0.79) for readers 1,2 and 3 respectively.

Concordance between CTA and DSA findings was moderate to good for CIAs and EIAs (0.56 to 0.79), weak to moderate for LCAs (0.35 to 0.61) and others locations on deep femoral artery.

Using long-term diagnosis as reference, DSA sensitivity and specificity were respectively 86.6% and 75%; CTA sensitivity and specificity were respectively 88.6% and 84.4% for reader 1, 86.3% and 75% for reader 2 and 84.1% and 75% for reader 3.

CONCLUSION :

CTA seems a reasonable non-invasive alternative to DSA in endurance athletes with suspicion of endofibrosis.

2.2 ARTICLE ORIGINAL :

INTRODUCTION :

Arterial endofibrosis affects endurance athletes, mostly cyclists and long-distance runners and is characterized by intimal fibrosis causing progressive stenosis (1, 2). It usually occurs on the external iliac artery (EIA) but can also affect the common iliac artery (CIA) and the branches of the deep femoral artery, and particularly the lateral circumflex artery (LCA) and its descending branch (3). Typical symptoms include claudication at maximum effort with acute pain in the thigh and sensation of numbness of the limb. Symptoms resolve within five minutes of rest. Vascular shear stress due to repeated arterial kinking during pedaling or increased cardiac output seems to be the main pathogenic factor. Excessive vessel length or fixation of the iliac artery by muscular branches to the psoas may be aggravating factors (1, 2).

There is consensus that the measure of the ankle-brachial pressure index (ABPI) at rest and within one minute after ceasing maximal exercise should be the first diagnostic examination in patients with suspicion of arterial endofibrosis (4). An ABPI <0.4-0.6 at cessation of exercise is highly suggestive of endofibrosis of the iliac artery, but ABPI does not assess the lesions of the deep femoral artery (4-7). Doppler ultrasound can show elevated peak systolic and end-diastolic velocities after exercise in the affected arteries (8, 9) and is used as first-line examination by some groups (10). However, it remains user dependent and its sensitivity decreases in patients with less marked symptoms (2, 5, 8). Arterial endofibrosis can affect several arteries at the same time, as shown by the recent so-called CEF classification that describes patterns of lesion associations (3). As a result, some researchers still consider digital subtraction angiography (DSA) as the reference examination (1). Indeed, DSA can altogether confirm the diagnosis and assess the location and length of all lesions, there by allowing precise surgical planning. However, DSA remains an invasive procedure.

Computed tomography angiography (CTA) has replaced DSA in the assessment of many vascular conditions of the lower limbs (11) and we hypothesized that it could provide similar information than DSA on the presence, location and extension of endofibrosis lesions. Detection of endofibrosis by CTA has been incidentally mentioned in the literature (12), but CTA performance in diagnosing arterial endofibrosis has never been assessed.

Therefore, the purpose of this study was to prospectively compare CTA and DSA findings in patients with clinical suspicion of arterial endofibrosis.

MATERIAL AND METHODS

STUDY POPULATION

All endurance athletes referred to our center between April 30, 2008 and June 12, 2012 for suspicion of arterial endofibrosis were asked to participate to this study. Exclusion criteria were age <18 years, pregnancy, glomerular filtration rate < 50 mL/mn/1.73 m² based on the Cockcroft-Gault formula, history of allergy to iodinated contrast medium and impossibility to provide informed consent due to legal guardianship measures. The study protocol was approved by an Ethics Committee (BLINDED) and all included patients provided written informed consent.

CTA PROTOCOLS

CTA was performed on a 32-slice Lightspeed Pro multidetector computed tomography scanner (GE Healthcare, Chicago, Illinois, USA).

Initial evaluation phase

The first five patients underwent CTA without ECG-gating after intravenous injection of 100 mL of iodixanol (Visipaque 320; GE Healthcare) at 3 mL/sec. Acquisition was triggered when the intra-aortic density reached +150 Hounsfield units (HU) and performed from two centimeters above the aortic bifurcation to mid-thigh. Parameters were the following: 32x1.25 mm detector configuration, energy setting of 100 kV, tube current modulated between 190 and 609 mAs (noise index : 21.45) gantry rotation time of 0.35 s, slice thickness of 1.25 mm, pitch of 0.22-1.35, reconstruction increment of 0.8 mm.

As per protocol, motion artefacts of the iliac arteries were evaluated after inclusion of five patients by a radiologist with more than 15 years of experience in endofibrosis imaging (OR). Substantial blurring of EIAs due to motion artefacts was found in two patients. This prompted the use of ECG gating in the 40 subsequent patients, as per protocol.

ECG-gated CTA

A prospective ECG-gated acquisition mode (step-and-shoot) was used, with acquisition performed only in diastole (70-80% of the RR interval). The contrast medium injection protocol and the position and length of the acquisition were the same as in the initial evaluation phase. Image parameters were the following: 3x1.225 mm detector configuration, energy setting of 100 kV, tube current of 597-609 mAs, pitch of 0.16-0.22, gantry rotation time of 0.4 s, slice thickness of 1.25 mm, reconstruction increment of 0.8 mm.

DSA PROCEDURE

A femoral Seldinger approach contralateral to the symptoms was performed under local anesthesia. Angiograms of both iliac arteries were obtained in anteroposterior and right and left

anterior oblique projections through a 5F catheter positioned above the aortic bifurcation. The CIA of the symptomatic limb was catheterized and selective angiograms of the iliac artery were obtained using contralateral anterior oblique projection with a straight hip and with maximal hip flexion. Then, selective angiogram of the deep femoral artery of the symptomatic limb was performed. Finally, the angiographic catheter was removed and a selective angiogram of the deep femoral artery of the asymptomatic limb was obtained through the arterial sheath. Two to three frames were obtained per second. The energy setting and tube current were 80.1 kV and 47.9 mAs respectively for pelvic acquisitions, and 70.7 kV and 65.5 mAs respectively for femoral acquisitions.

IMAGE ANALYSIS

DSA images were interpreted by a radiologist with more than 15 years of experience in endofibrosis imaging (OR). CTA images were interpreted by three independent readers with six (reader 1, RB), eight (reader 2, NG) and five years (reader 3, MP) of experience in endofibrosis imaging. CTA readers had access to an advantage windows workstation (GE Healthcare) to perform vascular reformations whenever needed. DSA and CTA readers were blinded to clinical data.

First, readers scored image quality (0: inadequate for diagnosis; 1: diagnosis in doubt due to poor image quality; 2: good image quality) in four arterial segments (CIA, EIA, LCA and other branches of the deep femoral artery). For each arterial segment, they assessed the presence of a stenosis, quantified its degree (reduction in diameter: 0%, 1-10%, 11-50%, >50%) and its relative length (0%, 1-10%, 11-33%, 34-66%, >66% of the length of the arterial segment). Then, they assessed the C, E and F categories for each limb (3). Lastly, readers assessed the presence of endofibrosis (positive, uncertain, negative) for each limb.

ASSESSMENT OF THE RADIATION DOSE

For CTA examinations, the volume computed tomography dose index and the dose length product were recorded, and the effective dose was calculated using CTExpo software using a conversion coefficient k of 0.015 mSv/mGy.cm. For DSA studies, the fluoroscopy time and kerma-area-product (KAP) were recorded and the effective dose was evaluated using a conversion coefficient k' of 0.11 mSv/Gy.cm² (13).

FINAL LONG-TERM DIAGNOSIS

Long-term follow-up was used to assess the final diagnosis at the limb level. The diagnosis of endofibrosis was considered certain in case of surgery with suggestive pathological findings. It was considered likely in symptomatic limbs that were not operated but kept typical symptoms during the follow-up period with no other disease diagnosed as the cause of symptoms, or in asymptomatic limbs that became symptomatic during follow-up, with onset of typical pain, but were not operated. The diagnosis of endofibrosis was ruled out if symptoms disappeared spontaneously or after treatment of another condition (spine intervention, change of cycling position, etc...) or in limbs that remained asymptomatic throughout the follow-up period. Limbs that were not operated and that were followed-up for less than a year were excluded.

STATISTICAL ANALYSIS

The characteristics of the patients were described using the quartiles for the quantitative characteristics, the number and percentage in each category for the qualitative characteristics.

Agreement between the results of CTA for each reader and the results of DSA was estimated using the coefficient of correlation concordance (CCC). The analysis of agreement was carried out for each arterial segment regarding the presence of a stenosis, its degree and length, and for the global assessment per limb. The 95% confidence intervals of the CCCs were built using a bootstrap method. The package Agreement (ref) of the R statistical software was used for these analyses (14).

The concordance was classified as poor for a CCC < 0.20, weak for a CCC between 0.21 and 0.40, moderate for a CCC between 0.41 and 0.60, good for a CCC between 0.61 and 0.80 and very good for a CCC > 0.80.

The sensitivity and specificity of CTA and DSA were estimated at the limb level with their 95% confidence interval built using the Wilson method. For CTA and DSA, the presence of a stenosis corresponded to a positive or uncertain result and the reference diagnosis was given by the final diagnosis at the end of the follow up (certain or likely stenosis).

RESULTS

STUDY POPULATION

Forty-five athletes with clinical suspicion of endofibrosis were included (Table 1). 9 men (3 women) were professionals; 26 men (5 women) were competitive amateurs and the others (2 men) were recreational amateurs. The left limb was symptomatic in 30 patients (4 women) and the right limb in 12 patients (3 women); the symptoms were bilateral in 3 patients (1 woman).

IMAGE QUALITY

On DSA images, 10 (2.8%) arterial segments had a quality score of 1 (CIA, n=4; EIA, n=2; deep femoral artery, n=4) due to motion artefacts and poor subtraction quality. The others had a quality score of 2. On CTA images, depending on the reader, image quality scores of 0 and 1 were reported in 0-8 (0-2.2%) and 34-81 (9.4-22.5%) arterial segments respectively, due to motion artefacts for the iliac arteries and noisy images for the deep femoral artery (Table E1 and fig 6).

CONCORDANCE BETWEEN DSA AND CTA FINDINGS

DSA was positive for endofibrosis in 35 limbs, uncertain in 20 limbs, and negative in 35 limbs.

At limb level, CCC between DSA and CTA results for the diagnosis of endofibrosis were estimated at 0.74 (95% CI : 0.59;0.84), 0.77 (95% CI : 0.64; 0.85) and 0.67 (95%CI : 0.49; 0.79) for readers 1,2 and 3 respectively. In right limbs, CCC between DSA and CTA findings for the diagnosis of endofibrosis were 0.65 (CI: 0.36; 0.84), 0.77 (CI: 0.55; 0.89) and 0.69 (CI: 0.41; 0.85) for readers 1, 2 and 3 respectively. For left limbs, they were 0.70 (CI: 0.46; 0.85), 0.70 (CI: 0.42; 0.85) and 0.54 (CI: 0.25; 0.75) respectively (Table 2).

DSA showed an arterial stenosis in 24/90 (26.7%) CIAs (Figs 3-5-7), 43/90 (47.8%) EIAs (Figs 1-2), 20/90 (22.2%) LCAs and 9/90 (10%) other branches of the deep femoral artery (Fig 4). At CTA, endofibrosis appeared as areas with a smaller arterial lumen, without any visible thickening of the arterial wall (Fig 5).

Tables 3 and E2-E5 show concordance between CTA and DSA findings for detecting stenoses, assessing their degree and length, and the C, E and F categories. Reader 2 tended to obtain better concordance with DSA findings. Depending on readers, concordance between CTA and DSA

findings was moderate to good for CIAs and EIAs, and weak to moderate for LCAs. CTA missed 8 (reader 1), 5 (reader 2) and 6 (reader 3) of the 9 stenoses depicted by DSA in the other branches of the deep femoral artery, resulting in overall poor concordance in this arterial segment.

Concordance between the three CTA readers was good in CIAs, EIAs and LCAs, with CCC values ranging from 0.67 to 0.80. It was weak to moderate for the other branches of the deep femoral artery, with CCC values ranging from 0.39 to 0.48 (Table E6).

LONG-TERM FINAL DIAGNOSIS OF ENDOFIBROSIS

Twelve patients were followed-up for less than a year. For the other patients, the median follow-up was 99 months (IQR, 90-114). Table 4 shows the results of long-term follow-up at the limb level.

Using this long-term diagnosis as reference, DSA sensitivity and specificity were respectively 86.6% (CI : 76%-95%) and 75% (CI : 57.9%-86.5%); CTA sensitivity and specificity were respectively 88.6% (CI : 76%-95%) and 84.4% (CI : 68.2%-93.1%) for reader 1, 86.3% (CI : (73.3%-93.6%) and 75% (CI : 57.9%-86.7%) for reader 2 and 84.1% (CI : 70.6%-92.1%) and 75% (CI : 57.9%-86.7%) for reader 3 (Table 5).

RADIATION DOSE

For DSA, the median DAP and fluoroscopy time were respectively 190 Gy.cm² (IQR, 144.7-236.5) and 2.6 minutes (IQR, 1.7-3.5). The corresponding median effective dose was 20.7 mSv (IQR, 15.8-25.6). For CTA, the median DLP was 367 mGy.cm (IQR, 332-369) without ECG-gating and 1569 mGy.cm (IQR, 1404-11858) with ECG-gating. The corresponding median effective doses were 5.5 mSv (IQR, 5.0-5.5) and 23.5 mSv (IQR, 21.1-27.9) respectively.

3. DISCUSSION

We prospectively compared DSA findings to CTA results obtained by three different readers in 45 athletes with suspicion of arterial endofibrosis. Concordance between DSA and CTA findings tended to be good for CIA and EIA, and moderate for LCA. Most stenoses diagnosed by DSA in the other branches of the deep femoral artery were missed by the CTA readers. When compared to the diagnosis obtained after long-term follow-up, DSA and CTA showed similar diagnosis performance for all readers.

At CTA, endofibrosis lesions were not associated with any thickening of the arterial wall. Instead, they appeared as areas of stenosis where the artery seemed smaller than its contralateral counterpart. Thus, intimal fibrosis may not limit the arterial flow by obstructing the lumen but rather by inducing a constrictive effect that reduces the diameter of the whole artery. This is in line with a recent study that found similar wall thickness in iliac arteries of symptomatic and asymptomatic legs in 16 endurance athletes (15). Thus, contrary to atherosclerotic disease (11), CTA could not show added value to DSA by providing direct visualization of the plaques.

Concordance between DSA and CTA findings was better in iliac arteries than in the deep femoral artery. Iliac endofibrosis lesions appear as mild and long stenoses that induce only subtle changes on DSA angiograms. In a series of 180 patients, the average degree of CIA and EIA stenoses was respectively 19±7% and 26±11%, and the stenoses involved respectively 45±26% and 51±26% of the artery length (3). Despite the fact that iliac stenoses were only mild, we observed good concordance between DSA and CTA findings for the three readers. Although post-exercise ABPI is highly sensitive and specific for detecting iliac endofibrosis lesions (4), assessing their position and

length remains useful for surgical planning. Our results suggest that CTA could replace DSA for that purpose. Endofibrosis lesions of the deep femoral artery appear as short diaphragm-like stenoses. Concordance between DSA and CTA findings in assessing these lesions was moderate at best. This can be explained by the fact that diaphragm-like stenoses are difficult to detect on small arteries using cross-sectional imaging and by the fact that CT images tended to be noisy at the hip level which limited the quality of vascular reformations. CTA image parameters were chosen as a compromise between image quality and radiation exposure, given the fact that study patients also underwent DSA. Optimizing CTA image parameters is therefore needed to ensure proper imaging at the hip level. CTA readers also overlooked most femoral lesions located outside the LCA. These lesions were thought to be rare at the beginning of the study, and readers probably did not expect them and focused their attention on the LCA. Lesions of the deep femoral artery do not induce abnormal post-exercise ABPI. Thus, caution is needed in patients with normal CTA but typical clinical symptoms. In these patients, DSA may still be needed to rule out femoral lesions in case of negative CTA. Doppler ultrasound may be an alternative to explore the deep femoral artery and its branches, but neither its accuracy nor its interobserver reproducibility have been prospectively assessed yet.

DSA is not a perfect test for detecting endofibrosis lesions (3) and discordances between DSA and CTA findings may not have been always due to CTA misdiagnoses. Therefore, in addition to assessing concordance between DSA and CTA, we compared both tests to a reference standard that corresponded to surgical findings for limbs that were operated and to long-term follow-up for limbs that were not operated. When using this reference standard, DSA and CTA were found to have similar sensitivities and specificities, for the three readers at per-limb analysis. Thus, even if both tests did not show perfect concordance, CTA seems a reasonable non-invasive alternative to DSA.

We used ECG-gated CTA in forty patients. Iliac arteries show some pulsatility even in atherosclerotic patients (16), but this pulsatility is usually not sufficient to induce marked motion artefacts at non-gated CTA. In our experience, iliac arteries of endurance athletes show marked pulsatility during the passage of the pulse wave at DSA (unpublished results), probably because of increased left ventricular stroke volume and increased arterial compliance associated with endurance training (17-20). We hypothesized that this may induce severe motion artefacts on non-gated CTA images, especially for EIA. Therefore, we planned an analysis of motion artefacts after inclusion of the first five patients who were imaged without ECG-gating. Of these, two showed substantial motion artefacts on EIAs, which prompted the use of ECG-gating, as per protocol. Although some iliac arteries showed motion artefacts in the patients who had ECG-gated CTA, these were usually mild and did not hinder image interpretation. However, using ECG-gating dramatically increased the amount of radiation exposure that was similar to that delivered by DSA. Thus, using CTA instead of DSA may not reduce the irradiation of the patients. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography could be an interesting alternative to CTA to avoid irradiating these young patients. However, whether its spatial resolution could allow detection of the mild stenoses of the iliac arteries and diaphragm-like stenoses of the deep femoral artery remains to be shown.

The present study has some limitations. First, because patients are symptomatic only at maximal effort, cessation of cycling can be a first-line of treatment for endofibrosis (4). As a result, not all patients underwent surgery and histological proof of endofibrosis could not be obtained in all patients with positive imaging. Therefore, we had to use a reference standard mixing surgical findings and long-term follow-up to compare the performances of DSA and CTA. Although our long follow-up limited the risk of errors, our final diagnosis might have been erroneous in some cases. Second, patients were included between 2008 and 2012. This allowed long-term follow-up, but the CTA protocol evaluated herein is outdated. Continuous technological improvements could correct some of its limitations and altogether improve image quality (particularly the noise at hip level) and reduce radiation dose, as exemplified by recent advances in coronary CTA (21-24). Thus, the performance of CTA might have been underestimated in the present study.

CONCLUSION

In conclusion, CTA seems a reasonable non-invasive alternative to DSA in endurance athletes with suspicion of endofibrosis. Because of the marked pulsatility of the iliac arteries in this population, an ECG-gated acquisition seems necessary. Improvement in CTA image protocols is necessary to reduce the amount of radiation exposure in these young patients.

Table 1 : Patient characteristics

(1) Cyclists and triathletes

(2) Long-distance runners and triathletes

IQR: interquartile range

		Men (n=39)	Women (n=6)	Overall population
Median age (IQR)		27 years (23-35)	41 years (38-43)	30 years (23-42)
Distance cycled at onset of symptoms (IQR) ⁽¹⁾		143,000 km (100,000-200,000)	45,000 km (15,500-150,000)	120,000 km (90,000-160,000)
Distance run at onset of symptoms (IQR) ⁽²⁾		16,250 km (5,000-27,500)	11,250 km (7,500-15,000)	11,250 km (5,000-27,500)
Sport	Cycling	33	3	36
	Long-distance running	1	2	3
	Triathlon	3	1	4
	Football	1	0	1
	Football and tennis	1	0	1
Practice level	Professional	11	1	12
	Competitive amateur	26	5	31
	Recreational amateur	2	0	2

Table 2 : Diagnosis of endofibrosis by CTA and DSA

CTA: computed tomography angiography; DSA: digital subtraction angiography

		DSA	CTA, Reader 1	CTA, Reader 2	CTA, Reader 3						
			Positive	Suspicious	Negative	Positive	Suspicious	Negative	Positive	Suspicious	Negative
Per limb analysis	Left inferior limb	Positive	21	4	0	21	3	1	18	4	3
		Uncertain	5	5	1	5	3	3	5	4	2
		Negative	1	2	6	1	0	8	1	1	7
	Right inferior limb	Positive	7	2	1	8	2	0	8	2	0
		Uncertain	0	2	7	2	5	2	0	4	5
		Negative	2	0	24	1	4	21	2	4	20
Per patient analysis		Positive	28	5	0	29	3	1	27	4	2
		Uncertain	5	5	1	6	3	2	3	7	1
		Negative	1	0	0	1	0	0	1	0	0

TABLE 3: CONCORDANCE BETWEEN DSA AND CTA (PER SEGMENT ANALYSIS)

		Coefficient of Correlation Concordance		
		Reader 1	Reader 2	Reader 3
Presence of stenosis	Common iliac artery	0.72 [0.51; 0.85]	0.79 [0.60; 0.91]	0.63 [0.42; 0.80]
	External iliac artery	0.75 [0.59; 0.88]	0.75 [0.60; 0.87]	0.66 [0.48; 0.80]
	Lateral circumflex femoral artery	0.42 [0.18; 0.64]	0.58 [0.36; 0.75]	0.46 [0.21; 0.67]
	Other locations on deep femoral artery	0.15 [-0.04; 0.66]	0.59 [0.15; 0.85]	0.35 [-0.02 ; 0.71]
Degree of stenosis	Common iliac artery	0.66 [0.47; 0.78]	0.75 [0.56; 0.88]	0.58 [0.38; 0.74]
	External iliac artery	0.71 [0.56; 0.83]	0.78 [0.63; 0.88]	0.73 [0.58; 0.84]
	Lateral circumflex femoral artery	0.40 [0.14; 0.63]	0.61 [0.38; 0.78]	0.57 [0.29; 0.76]
	Other locations on deep femoral artery	0.09 [-0.02; 0.56]	0.39 [0.07; 0.71]	0.31 [-0.03; 0.73]
Length of stenosis	Common iliac artery	0.71 [0.53; 0.83]	0.70 [0.53; 0.83]	0.56 [0.36; 0.74]
	External iliac artery	0.70 [0.52; 0.82]	0.76 [0.61; 0.86]	0.69 [0.49; 0.81]
	Lateral circumflex femoral artery	0.35 [0.11; 0.58]	0.58 [0.36; 0.75]	0.46 [0.21; 0.67]
	Other locations on deep femoral artery	0.11 [-0.03; 0.56]	0.60 [NA; NA]	0.40 [-0.03; 0.73]
CEF classification	C	0.65 [0.44; 0.80]	0.68 [0.48; 0.84]	0.56 [0.35; 0.74]
	E	0.60 [0.28; 0.84]	0.78 [0.59; 0.91]	0.56 [0.31; 0.79]
	F	0.23 [0.04; 0.58]	0.63 [0.37; 0.83]	0.47 [0.21; 0.72]

TABLE 4: DIAGNOSTIC PERFORMANCE OF DSA AND CTA

		Diagnosis of endofibrosis	N
Symptomatic limbs	Surgery with confirmative findings	Certain	32
	Persistent typical pain without surgery	Likely	8
	Disappearance of symptoms (either spontaneous or after treatment of another condition)	Ruled out	5
	Lost to follow-up	-	3
Asymptomatic limbs	Apparition of typical pain with confirmative surgery	Certain	1
	Apparition of typical pain, without surgery	Likely	3
	Apparition of atypical pain	Unlikely	1
	Asymptomatic throughout follow-up	Ruled out	26
	Lost to follow-up	-	11

TABLE 5: DIAGNOSTIC PERFORMANCE OF DSA AND CTA USING LONG-TERM FOLLOW-UP AS REFERENCE

		Endofibrosis	No endofibrosis
DSA	Uncertain & Positive	39	8
	Normal	5	24
CTA, reader 1	Uncertain & Positive	39	5
	Normal	5	27
CTA, reader 2	Uncertain & Positive	38	8
	Normal	6	24
CTA, reader 3	Uncertain & Positive	37	8
	Normal	7	24

TABLE E1 : CTA QUALITY IMAGE

		Image quality inadequate for diagnosis	Diagnosis in doubt due to poor image quality	Good image quality
Reader 1	Common iliac artery	0	12	78
	External iliac artery	1	17	72
	Lateral circumflex femoral artery	2	14	74
	Other locations on deep femoral artery	2	16	72
Reader 2	Common iliac artery	0	7	83
	External iliac artery	0	11	79
	Lateral circumflex femoral artery	0	9	81
	Other locations on deep femoral artery	0	7	83
Reader 3	Common iliac artery	0	8	82
	External iliac artery	0	22	68
	Lateral circumflex femoral artery	4	27	59
	Other locations on deep femoral artery	4	24	62
DSA	Common iliac artery	0	4	86
	External iliac artery	0	2	88
	Lateral circumflex femoral artery	0	2	88
	Other locations on deep femoral artery	0	2	88

TABLE E2: DIAGNOSIS OF ARTERIAL STENOSIS BY CTA AND DSA (PER SEGMENT ANALYSIS)

	DSA	CTA, reader 1		CTA, reader 2		CTA, reader 3	
		Normal	Stenosis	Normal	Stenosis	Normal	Stenosis
Common iliac artery	Normal	61	5	64	2	60	6
	Stenosis	5	19	5	19	7	17
External iliac artery	Normal	43	4	42	5	42	5
	Stenosis	7	35	6	37	10	33
Lateral circumflex femoral artery	Normal	59	9	61	9	59	7
	Stenosis	9	11	5	15	9	11
Other locations on deep femoral artery	Normal	78	1	81	0	74	3
	Stenosis	8	1	5	4	6	3

Arterial segments with image quality judged inadequate for diagnosis (image quality score of 0) were not interpreted; as a result, the number of assessed arterial segments varies from one reader to another.

CTA: computed tomography angiography; DSA: digital subtraction angiography.

TABLE E3: ASSESSMENT OF THE DEGREE OF ARTERIAL STENOSIS BY CTA AND DSA (PER SEGMENT ANALYSIS)

	DSA	CTA, Reader 1				CTA, Reader 2				CTA, Reader 3			
		0 %	1-10%	11-50%	>50%	0 %	1-10%	11-50%	>50%	0%	1-10%	11-50%	>50%
Common iliac artery	0%	61	4	1	0	64	0	2	0	60	5	1	0
	1-10%	3	4	3	1	4	4	2	1	3	3	4	1
	11-50%	2	6	5	0	1	3	9	0	4	4	5	0
	>50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
External iliac artery	0%	43	3	1	0	42	2	3	0	42	5	0	0
	1-10%	1	5	1	0	3	3	2	0	4	2	2	0
	11-50%	6	9	20	0	3	4	28	0	6	6	23	0
	>50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lateral circumflex femoral artery	0%	59	4	4	1	61	3	5	1	59	3	3	1
	1-10%	3	0	1	0	2	1	1	0	3	0	1	0
	11-50%	3	2	6	0	3	3	4	1	5	0	6	0
	>50%	3	0	2	0	0	1	2	2	1	0	2	2
Other locations on deep femoral artery	0%	78	1	0	0	81	0	0	0	74	1	2	0
	1-10%	4	0	0	0	2	0	1	1	3	0	1	0
	11-50%	2	1	0	0	1	1	1	0	1	0	2	0
	>50%	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0

Arterial segments with image quality judged inadequate for diagnosis (image quality score of 0) were not interpreted; as a result, the number of assessed arterial segments varies from one reader to another.

TABLE E4: ASSESSMENT OF THE LENGTH OF ARTERIAL STENOSES BY CTA AND DSA (PER SEGMENT ANALYSIS)

	DSA	CTA, Reader 1					CTA, Reader 2					CTA, Reader 3				
		0%	1-10 %	11-33 %	34-66%	>66 %	0%	1-10 %	11-33%	34-66 %	>6 %	0 %	1-10 %	11-33%	34-66%	>66%
Common iliac artery	0%	61	0	5	0	0	64	0	0	2	0	60	1	5	0	0
	1-10%	3	0	2	2	0	1	2	4	0	0	3	1	1	0	2
	11-33%	1	1	7	0	0	3	1	5	0	0	2	3	4	0	0
	34-66%	1	0	2	1	2	1	0	2	1	2	1	0	2	2	1
	>66%	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0
External iliac artery	0%	43	0	4	0	0	42	1	4	0	0	42	2	3	0	0
	1-10%	0	0	2	2	0	0	0	4	0	0	2	0	2	0	0
	11-33%	4	0	14	8	0	4	2	19	2	0	5	3	15	4	0
	34-66%	2	0	1	3	0	2	0	2	2	0	2	0	2	2	0
	>66%	1	0	1	2	2	0	0	1	2	3	1	0	1	2	2
Lateral circumflex femoral artery	0%	59	7	2	0	0	61	9	0	0	0	59	7	0	0	0
	1-10%	9	10	1	0	0	5	15	0	0	0	9	11	0	0	0
	11-33%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	34-66%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	>66%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other locations on deep femoral artery	0%	78	1	0	0	0	81	0	0	0	0	74	3	0	0	0
	1-10%	7	1	0	0	0	5	3	0	0	0	6	2	0	0	0
	11-33%	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	34-66%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	>66%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Arterial segments with image quality judged inadequate for diagnosis (image quality score of 0) were not interpreted; as a result, the number of assessed arterial segments varies from one reader to another.

CTA: computed tomography angiography; DSA: digital subtraction angiography.

TABLE E5: ASSESSMENT OF CEF CATEGORIES BY CTA AND DSA

	DSA	CTA, Reader 1						CTA, Reader 2						CTA, Reader 3					
		0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
Common iliac artery (C)	0	61	1	0	4	0	0	64	0	0	2	0	0	60	1	3	2	0	0
	1	0	2	2	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	2	1	1	0	0
	2	3	0	0	2	0	0	1	1	1	2	0	0	2	0	1	0	2	0
	3	2	2	0	7	2	0	4	0	2	5	2	0	4	0	1	7	1	0
	4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
External iliac artery (E)	0	43	3	1	0	0	0	42	4	1	0	0	0	42	2	3	0	0	0
	1	5	28	1	0	0	0	6	28	0	0	0	0	9	23	2	0	0	0
	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	4	2	1	0	1	2	0	0	2	0	1	3	0	1	3	0	0	2	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deep femoral artery (F)	0	56	7	1	0	1	0	58	7	0	0	0	0	57	4	2	1	1	0
	1	3	4	1	0	0	0	2	5	1	0	0	0	5	2	1	0	0	0
	2	2	0	4	0	0	0	2	1	3	0	0	0	1	0	4	1	0	0
	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0
	4	5	1	0	0	1	0	1	2	0	1	3	0	2	2	0	1	2	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CTA: computed tomography angiography; DSA: digital subtraction angiography.

TABLE E6: CONCORDANCE BETWEEN THE THREE CTA READERS

		Kappa (95%CI)
Diagnosis of endofibrosis	Common iliac artery	0.71 [0.56; 0.83]
	External iliac artery	0.71 [0.59; 0.82]
	Lateral circumflex femoral artery	0.68 [0.51; 0.82]
	Other locations on deep femoral artery	0.48 [NA; NA]
Percentage of stenosis	Common iliac artery	0.76 [0.61; 0.88]
	External iliac artery	0.80 [0.70; 0.87]
	Lateral circumflex femoral artery	0.69 [0.54; 0.84]
	Other locations on deep femoral artery	0.39 [NA; NA]
Length of stenosis	Common iliac artery	0.71 [0.57; 0.83]
	External iliac artery	0.77 [0.68; 0.86]
	Lateral circumflex femoral artery	0.67 [0.53; 0.79]
	Other locations on deep femoral artery	0.48 [NA; NA]

4. REFERENCES :

1. Feugier P, Chevalier JM. Endofibrosis of the iliac arteries: an underestimated problem. *Acta Chir Belg.* 2004;104(6):635-40.
2. Peach G, Schep G, Palfreeman R, Beard JD, Thompson MM, Hinchliffe RJ. Endofibrosis and kinking of the iliac arteries in athletes: a systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2012;43(2):208-17.
3. Rouviere O, Feugier P, Gutierrez JP, Chevalier JM. Arterial endofibrosis in endurance athletes: angiographic features and classification. *Radiology.* 2014;273(1):294-303.
4. Collaborators I. Diagnosis and Management of Iliac Artery Endofibrosis: Results of a Delphi Consensus Study. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2016;52(1):90-8.
5. Abraham P, Bouye P, Quere I, Chevalier JM, Saumet JL. Past, present and future of arterial endofibrosis in athletes: a point of view. *Sports Med.* 2004;34(7):419-25.
6. Le Faucheur A, Noury-Desvaux B, Jaquinandi V, Louis Saumet J, Abraham P. Simultaneous arterial pressure recordings improve the detection of endofibrosis. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(11):1889-94.
7. Bruneau A, Le Faucheur A, Mahe G, Vielle B, Leftheriotis G, Abraham P. Endofibrosis in athletes: is a simple bedside exercise helpful or sufficient for the diagnosis? *Clin J Sport Med.* 2009;19(4):282-6.
8. Schep G, Bender MH, Schmikli SL, Wijn PF. Color Doppler used to detect kinking and intravascular lesions in the iliac arteries in endurance athletes with claudication. *Eur J Ultrasound.* 2001;14(2-3):129-40.
9. D'Abate F, Paraskevas KI, Oates C, Palfreeman R, Hinchliffe RJ. Color Doppler Ultrasound Imaging in the Assessment of Iliac Endofibrosis. *Angiology.* 2017;68(3):225-32.
10. Peake LK, D'Abate F, Farrah J, Morgan M, Hinchliffe RJ. The Investigation and Management of Iliac Artery Endofibrosis: Lessons Learned from a Case Series. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2018;55(4):577-83.
11. Fleischmann et al., CT angiography of peripheral arterial disease. *J. vasc. Interv radiology,* 2006.
12. Veraldi GF, Macri M, Criscenti P, et al. Arterial endofibrosis in professional cyclists. *G Chir.* 2015;36(6):267-71.
13. Struelens L, Vanhavere F, Bosmans H, Van Loon R. Effective doses in angiography and interventional radiology: calculation of conversion coefficients for angiography of the lower limbs. *Br J Radiol.* 2005;78(926):135-42.
14. Yue Yu AND Lawrence Lin (2012). Agreement: Statistical Tools for Measuring Agreement. R package version 0.8-1
15. Regus S, Almasi-Sperling V, Janka R, et al. MRI to investigate iliac artery wall thickness in triathletes. *Phys Sportsmed.* 2018;46(3):393-8.
16. Van Keulen JW, Moll FL, Vonken EJ, Tolenaar JL, Muhs BE, van Herwaarden JA. Pulsatility in the iliac artery is significant at several levels: implications for EVAR. *J Endovasc Ther.* 2011;18(2):199-204.
17. D'Andrea A, Cocchia R, Riegler L, et al. Aortic stiffness and distensibility in top-level athletes. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25(5):561-7.
18. Dupont AC, Poussel M, Hossu G, et al. Aortic compliance variation in long male distance triathletes: A new insight into the athlete's artery? *J Sci Med Sport.* 2017;20(6):539-42.
19. Huynh QL, Blizzard CL, Raitakari O, et al. Vigorous physical activity and carotid distensibility in young and mid-aged adults. *Hypertens Res.* 2015;38(5):355-60.

20. Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, et al. Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength- and endurance-trained men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2007;292(2):H786-91.
21. Hedgire SS, Baliyan V, Ghoshhajra BB, Kalra MK. Recent advances in cardiac computed tomography dose reduction strategies: a review of scientific evidence and technical developments. *J Med Imaging (Bellingham)*. 2017;4(3):031211.
22. Mangold S, Wichmann JL, Schoepf UJ, et al. Automated tube voltage selection for radiation dose and contrast medium reduction at coronary CT angiography using 3(rd) generation dual-source CT. *Eur Radiol*. 2016;26(10):3608-16.
23. Zhang LJ, Wang Y, Schoepf UJ, et al. Image quality, radiation dose, and diagnostic accuracy of prospectively ECG-triggered high-pitch coronary CT angiography at 70 kVp in a clinical setting: comparison with invasive coronary angiography. *Eur Radiol*. 2016;26(3):797-806.
24. Koplay M, Erdogan H, Avci A, et al. Radiation dose and diagnostic accuracy of high-pitch dual-source coronary angiography in the evaluation of coronary artery stenoses. *Diagn Interv Imaging*. 2016;97(4):461-9.

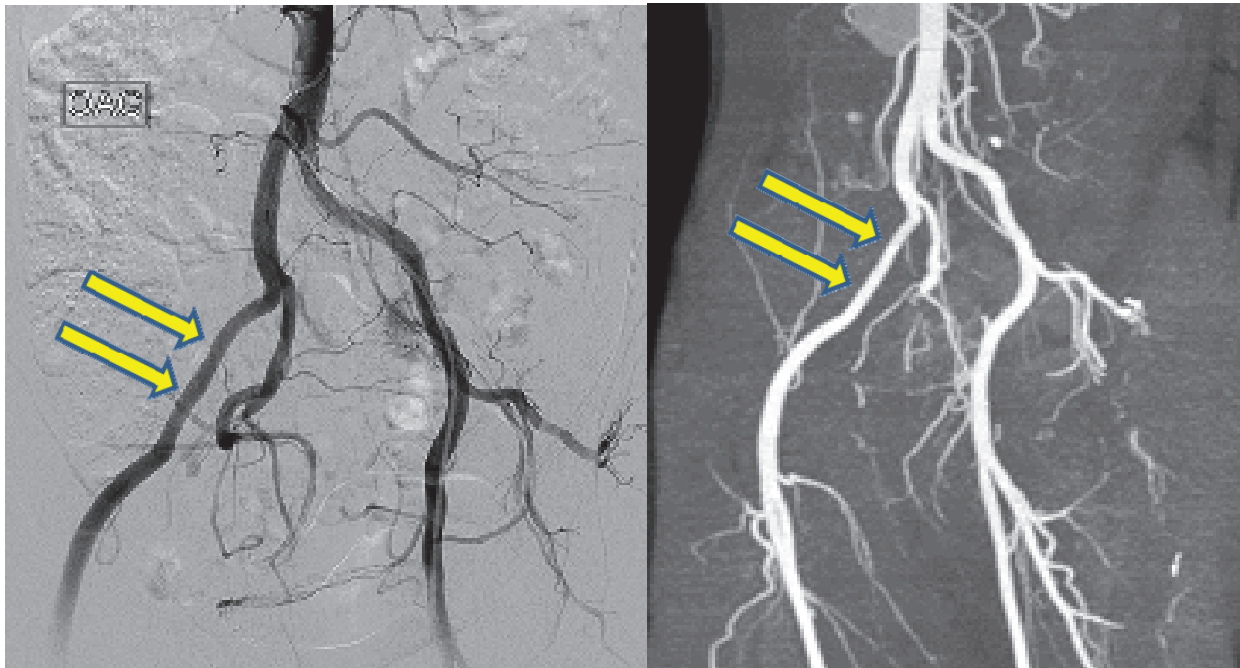


Fig. 1 : Patiente de 48 ans pratiquant le triathlon en compétition et souffrant de claudications d'effort de la cuisse et de la jambe droite

Sténose iliaque externe droite visible selon les deux modalités d'imagerie classée C0E4F0 (par les 3 lecteurs du TDM et en artériographie), traitée chirurgicalement et confirmée lors de l'examen anatomopathologique

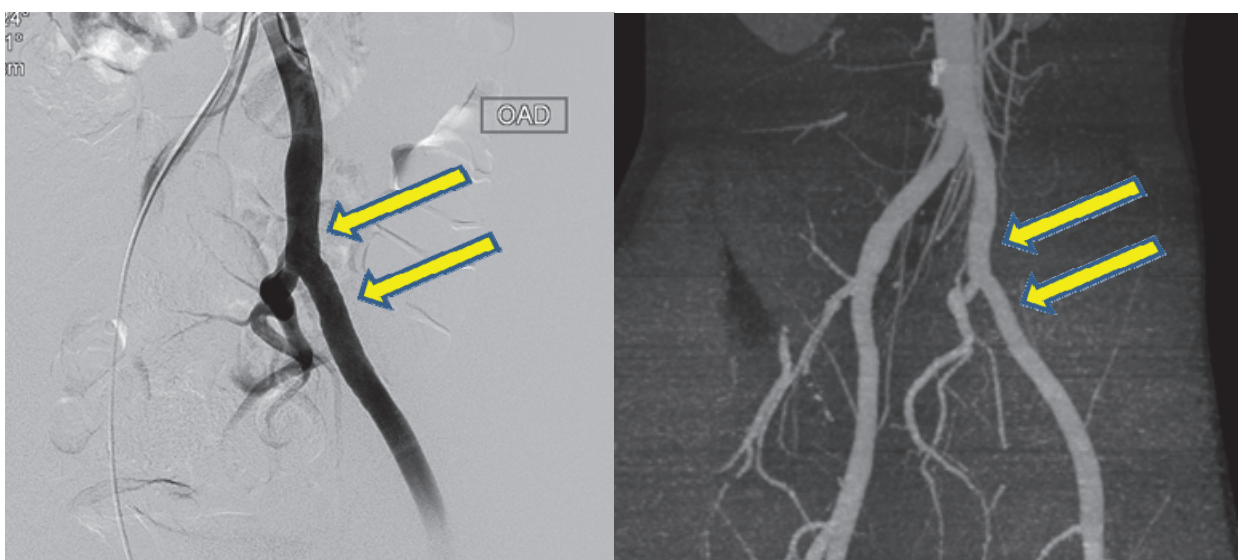


Fig. 2 : Homme âgé de 22 ans, cycliste professionnel, présentant une sensation de gonflement de la cuisse gauche lors d'effort supra-maximal et une épreuve d'effort positive.

Sténose iliaque commune et externe gauche (classée C3E1 par le lecteur 3 et en artériographie) visible en artériographie et en scanner, endofibrose confirmée chirurgicalement.

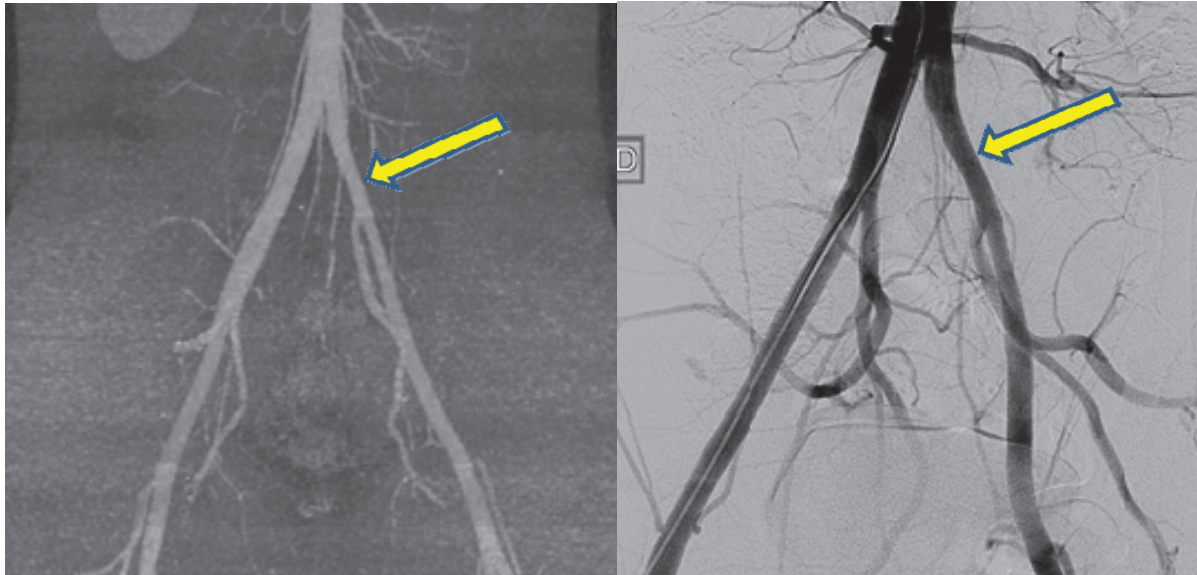
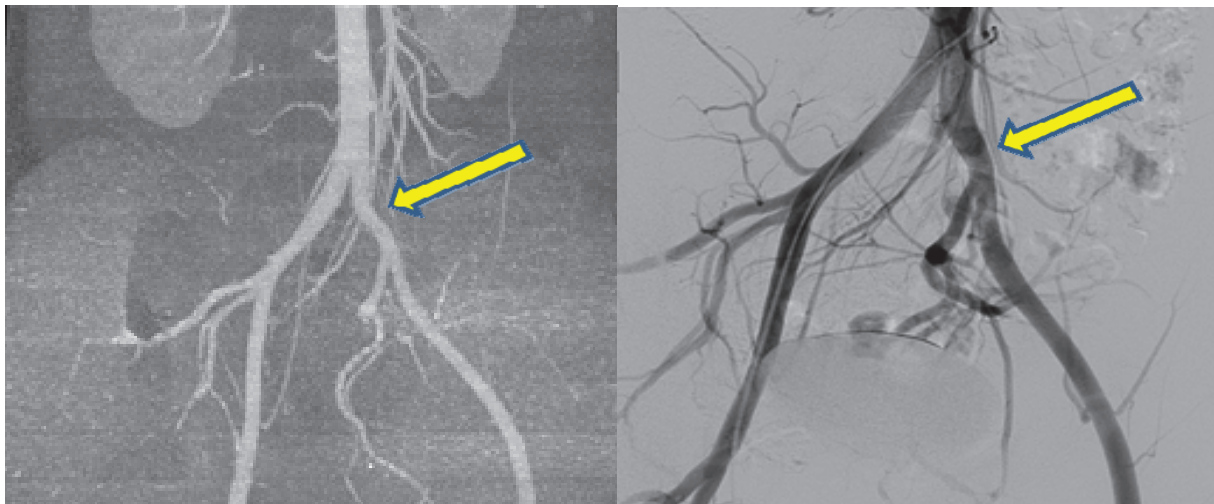


Fig. 3 : Patient de 22 ans, cycliste de haut niveau, présentant une symptomatologie typique d'endofibrose. Sténose iliaque commune gauche retrouvée en scanner et en artériographie, confirmée lors de l'examen anatomopathologique de la pièce opératoire



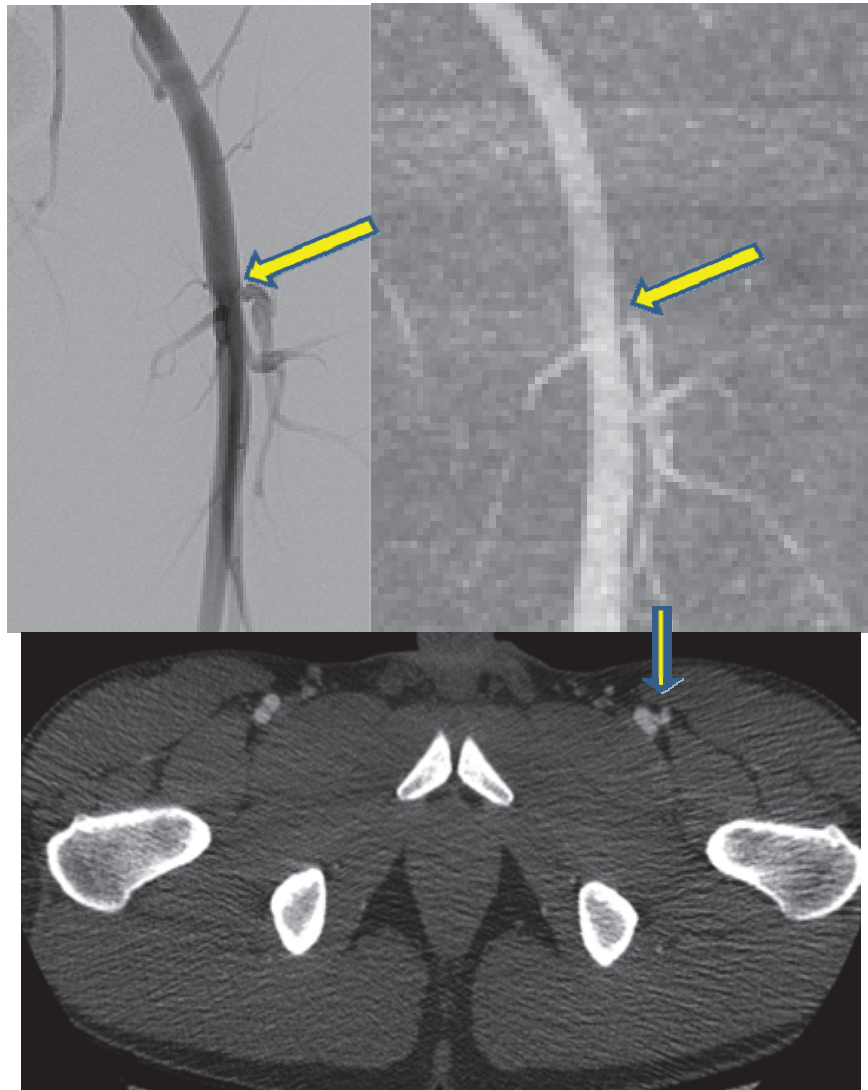


Fig. 4 : Cycliste de 29 ans présentant une claudication d'effort maximal de la cuisse gauche, présentant une sténose iliaque commune gauche et quadricipitale gauche visible selon les deux modalités d'imagerie

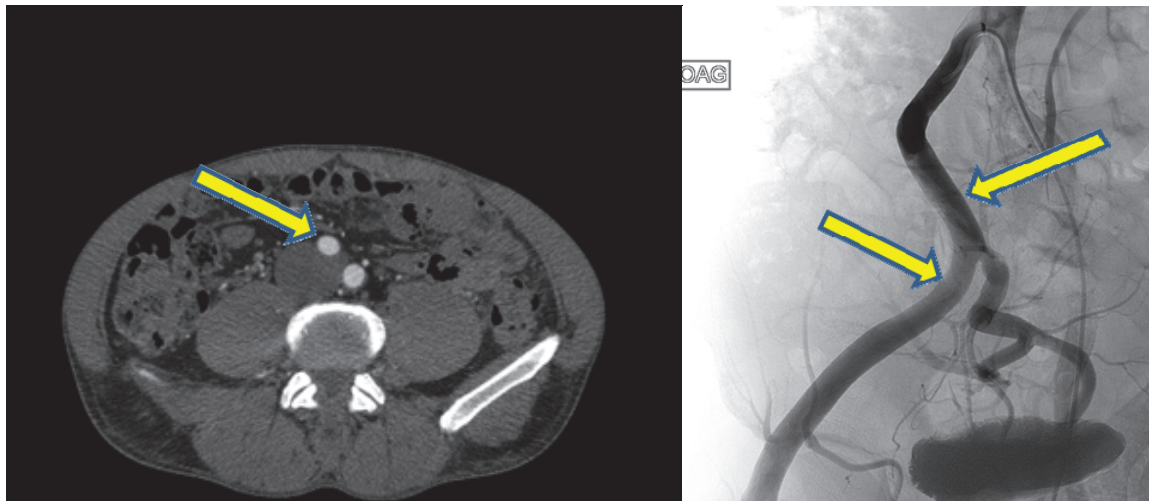


Fig. 5 : Patient de 35 ans présentant une claudication intermittente d'effort maximal du membre inférieur droit. Sténose iliaque commune et externe droite classée C1E1 en artériographie, également visible en coupe axiale TDM sous forme d'une asymétrie de taille des artères iliaques commune (image de gauche)

Le traitement chirurgical par endofibrosectomie iliaque droite a permis de confirmer le diagnostic

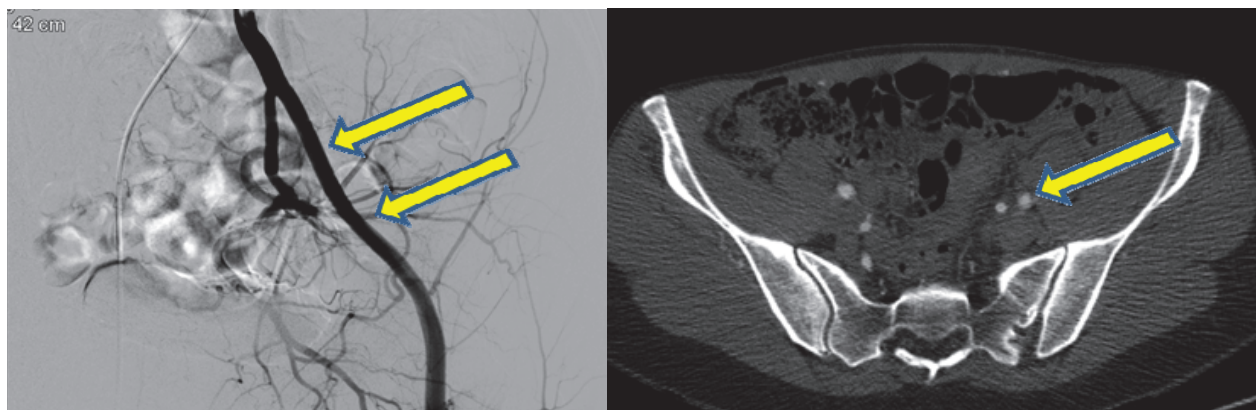


Fig. 6 : Cycliste de 41 ans présentant une sténose iliaque externe gauche visible en artériographie (classée E4) et moins bien visible en scanner sans gating-ECG (image de droite) en raison d'artéfacts cinétiques (classée E1 par les 3 lecteurs du scanner)

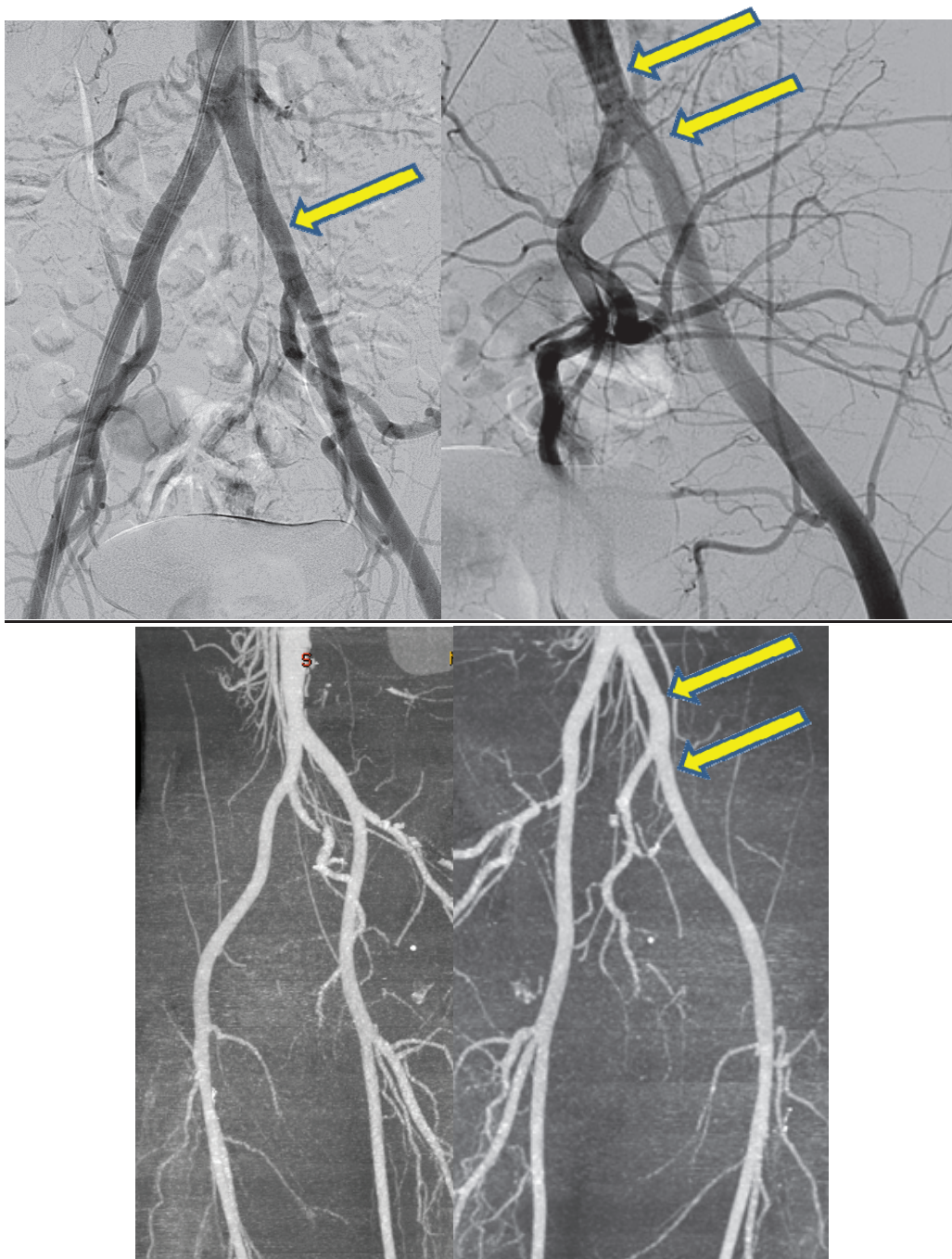


Fig. 7 : Cycliste de 29 ans présentant des crampes de la cuisse gauche lors d'effort supra-maximaux, sténose iliaque commune et externe gauche visible selon les 2 modalités d'imagerie (notamment en comparant avec le côté droit sain)

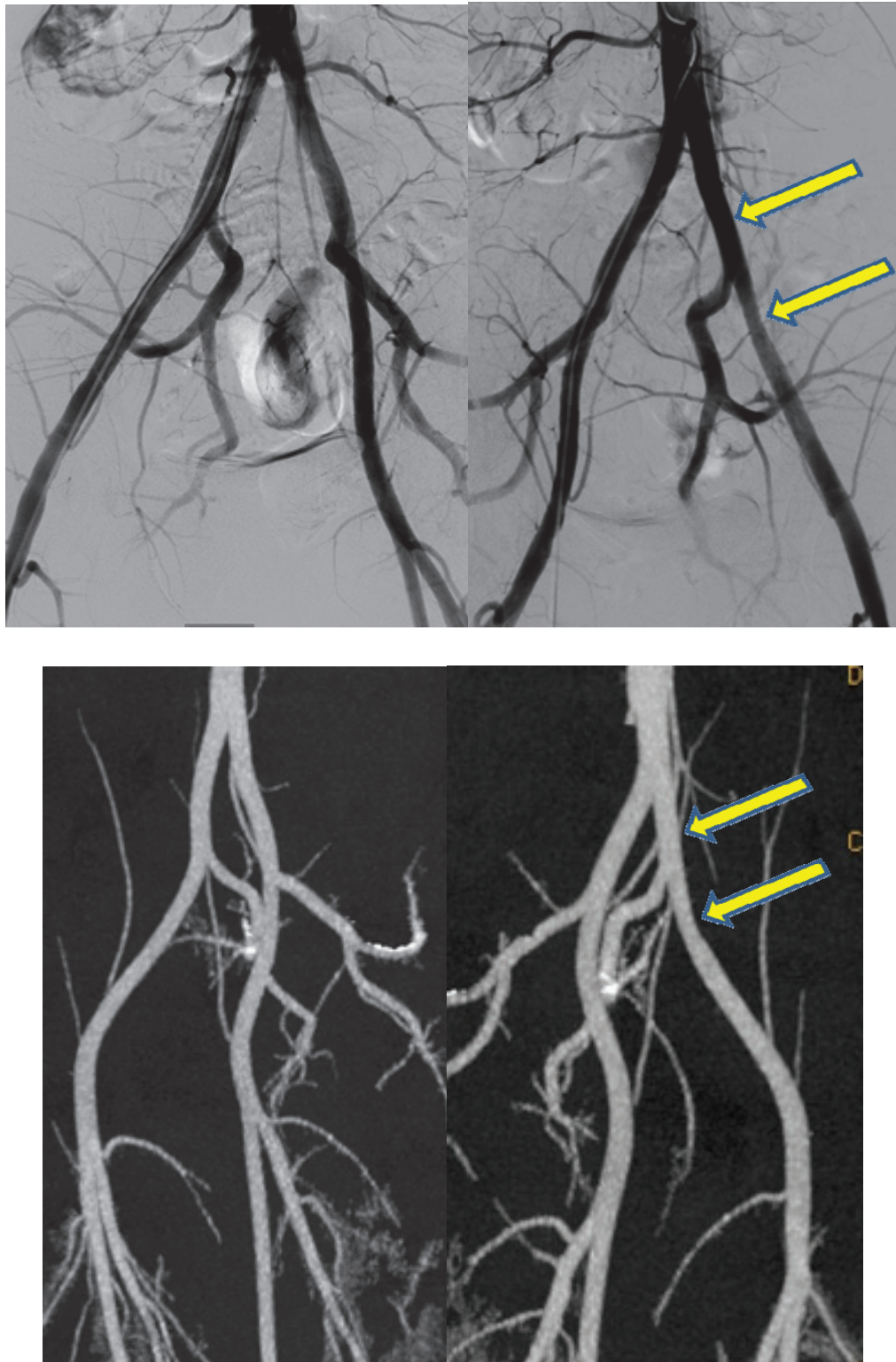


Fig. 8 : Sténose de l'artère iliaque commune et externe gauche (notamment en comparaison au côté contro-latéral sain) chez un cycliste de 26 ans suspects d'endofibrose, confirmée en anatomopathologie

DISCUSSION :

Dans cette étude, les sténoses visualisées en imagerie ne s'accompagnent pas d'un épaississement pariétal vasculaire mais se manifestent par une réduction de calibre diffuse de la lumière vasculaire. Le scanner ne permet pas de mettre en évidence directement la plaque pariétale à l'origine de la sténose, à la différence de l'athérosclérose.

Les sténoses iliaques retrouvées sont longues et modérées avec une concordance satisfaisante entre l'artériographie et le scanner. Ces deux examens permettant le diagnostic positif mais également d'évaluer la localisation précise et la longueur de sténose pour une meilleure planification opératoire (contrairement à l'épreuve d'effort).

Cette étude montre une concordance plus faible entre l'artériographie et l'angio-scanner pour les branches artérielles fémorales profondes que pour les vaisseaux proximaux (artère iliaque commune et artère iliaque externe). L'angio-scanner a donc manqué plus de sténoses distales que l'artériographie. Ceci est partiellement expliqué par une résolution spatiale de l'angio-scanner utilisé (32 barrettes) moindre que les derniers scanners actuels et au fait que les coupes TDM à hauteur de la hanche sont plus soumises aux artéfacts, limitant les possibilités de post-traitement à ce niveau.

Ces sténoses fémorales profondes manquées en angio-scanner étaient principalement situées sur des branches en dehors de l'artère circonflexe latérale.

Ces sténoses fémorales profondes (en dehors de l'artère circonflexe latérale) ont probablement été moins diagnostiquées car les lecteurs se sont moins focalisés sur cette atteinte lors de leur analyse, notamment en début d'étude car ces sténoses sont habituellement rares.

De plus, ces sténoses distales sont souvent courtes (en diaphragme) et associées à un test d'effort normal.

Cette différence de détection n'est pas retrouvée lorsque les résultats des examens sont confrontés au suivi à long-terme des patients montrant un impact clinique non significatif de cette différence.

En effet, en comparant les résultats de l'artériographie et de l'angio-scanner au suivi à long terme des patients, la sensibilité et la spécificité de ces deux examens sont similaires pour les trois lecteurs.

La pulsatilité des artères iliaques est habituellement insuffisante pour provoquer des artéfacts cinétiques en imagerie vasculaire. Mais, chez ces jeunes patients sportifs, les artères iliaques apparaissent très pulsatiles lors de la systole en raison d'une augmentation du volume sanguin et d'une augmentation de la compliance artérielle, la fréquence artérielle de repos étant relativement basse. Ainsi, une analyse per-protocole était prévue afin d'évaluer la qualité des images après 5 scanners réalisés sans gating-ECG. Deux scanners présentaient des artéfacts significatifs, justifiant le recours à un gating-ECG pour les 40 autres patients. Mais cette modification s'est fait au détriment d'une augmentation de l'irradiation. L'angio-IRM semble à ce titre, pouvoir occuper une place dans la démarche diagnostique de l'endofibrose que la résolution spatiale actuelle ne permet pas encore.

Cette étude présente toutefois quelques limites. Les résultats de l'artériographie et de l'angio-scanner étaient confrontés aux résultats de l'examen anatomopathologique, considéré comme l'examen de référence. Mais tous les patients n'étaient pas opérés, car l'arrêt du sport reste la

première mesure thérapeutique de cette affection lorsqu'elle est possible. Les résultats étaient alors confrontés aux données de suivi à long terme de ces patients notamment pour ceux non opérés.

De plus, la période d'inclusion de l'étude était de 2008 à 2012. Or, d'importants progrès techniques ont été réalisés depuis, notamment pour la résolution spatiale de l'angio-scanner (et la réduction des artéfacts à hauteur de la hanche) et la dose d'irradiation de ces examens. La performance du scanner a donc été probablement sous-estimée par rapport aux derniers scanners disponibles.

Références bibliographiques de l'introduction :

- [1] Arterial Endofibrosis in Endurance Athletes: Angiographic Features and Classification, O. Rouviere.
- [2] A propos de l'endofibrose iliaque chez deux coureurs cyclistes, Walder, Mossimann et al., *Helv chir acta*, 1984
- [3] Stenotic intima thickening of the external iliac artery : illness of the competition cyclists ? Mosimann, Walder et al., *vasc surgery* 1985
- [4] Endofibrosis of the external iliac artery in bicycle racers : an unrecognized pathologic state, Chevalier et al., 1986, *ann vascular surgery*.
- [5] "Iliac artery endofibrosis" Case study of an elite triathlete, R. Brunelle, N. Baradaran and S. Keeler.
- [6] Iliac artery endofibrosis, *European Journal Vascular Endovascular Surgery*, 2016, Hinchliffe and al.
- [7] Basic Data Underlying Decision Making in Nonatherosclerotic causes of intermittent claudication. *Annals of Vascular Surgery*, 2014, Apigian AK et al.
- [8] Endofibrosis of the iliac arteries : an underestimated problem. Feugier and Chevalier, *Acta chirurgica belgica*, 2004.
- [9] Flow limitations in the iliac arteries in endurance athletes-current knowledge and directions for the future. Schep et Al., *Int J Sports Med* 1999.
- [10] Anomalies artérielles congénitales et variantes anatomiques artérielles des membres inférieurs. J. Baqué et al., *encyclopédie médico-chirurgicale*, 2003.
- [11] Imaging evaluation of flow limitations in the iliac arteries in endurance athletes: diagnosis and treatment follow-Up L .Flors and Al., 2011, *American Journal of Radiology*
- [12] Endofibrosis and kinking of the iliac arteries in athletes : a systematic review. Peach and Al., *European J Endovasc Surg*, 2012.
- [13] External iliac endofibrosis in endurance athletes : a novel case in an endurance runner and a review of the literature. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2003.
- [14] Résultats à court et long terme des traitements chirurgicaux de l'endofibrose iliaque, P. Feugier, 2012.
- [15] External iliac artery endofibrosis in athletes, Abraham, Chevalier et al., *sports med*, 1997.
- [16] Past, present and future of arterial endofibrosis in athletes, Abraham et Al., *Sports med*, 2004.
- [17] Pedal power measurement as a diagnostic tool for functional vascular problems, Kleinloog, Van Hoof et al., *clinical biomechanics*, 2018.
- [18] Color Doppler used to detect kinking and intravascular lesions in the iliac arteries in endurance athletes with claudication, *European journal of ultrasound*, Schep et al., 2001.

- [19] Postexercise duplex ultrasound to diagnose external iliac endofibrosis, G. Sarlon-Bartoli et al., Journal des maladies vasculaires, juin 2012.
- [20] Obstructive external iliac arteriopathy in avid bicyclists: new and variable histopathologic features in four women, A. Kral et al., 2002.
- [21] Comparison between duplex scanning and angiographic findings in the evaluation of functional iliac obstruction in top endurance athletes, Alimi et al., Eur J endovasc surgery, 2004.
- [22] Imaging evaluation of flow limitations in the iliac arteries in endurance athletes: diagnosis and treatment follow-up, Flors et al., AJR Am J Roentgenol, 2011.
- [23] Radiation dose and diagnostic accuracy of high-pitch dual-source coronary angiography in the evaluation of coronary artery stenoses, Koplay M. et al., Diagn Interv imaging, 2016.
- [24] Detection and treatment of claudication due to functional iliac obstruction in top endurance athletes: a prospective study, Schep G, Bender MH, van de Tempel G, Wijn PF, de Vries WR, Eikelboom BC, Lancet, 2002.
- [25] Endofibrosis of iliac arteries in high-performance athletes : diagnostic approach and minimally invasive endovascular treatment, Giannoukas AD, Berczi V et al., Cardiovasc Intervent Radiology, 2006.

Nom, prénom du candidat : Louis Perrier

CONCLUSIONS

L'endofibrose artérielle est une pathologie rare qui affecte principalement les cyclistes de haut niveau. Elle se caractérise par la présence de sténoses artérielles liées à un épaississement intimal survenant le plus souvent au niveau de l'artère iliaque externe gauche. Elle se manifeste par des claudications d'effort supra-maximales cédant au repos.

L'examen d'imagerie considéré comme le gold standard est actuellement l'artériographie des membres inférieurs. Cependant l'artériographie est un examen invasif, nécessitant une ponction artérielle et exposant à de potentielles complications. Le but de notre étude était donc de comparer les performances de l'angio-scanner et de l'artériographie dans le diagnostic de cette pathologie, afin, si possible, de limiter les indications de l'artériographie.

Il a été proposé à tous les sportifs d'endurance majeurs adressés à l'hôpital Edouard Herriot de Lyon pour suspicion d'endofibrose entre le 30 avril 2008 et le 12 juin 2012 de participer à l'essai clinique. Aucun n'a refusé. Chaque patient a eu un angio-scanner et une artériographie des membres inférieurs. Les images d'artériographie ont été interprétées par un radiologue expérimenté (plus de 15 ans d'expérience dans l'imagerie de l'endofibrose). Les images d'angio-scanner ont été interprétées de façon indépendante par trois autres radiologues.

Le diagnostic final a été obtenu par un suivi au long cours, en utilisant les constatations opératoires pour les membres opérés et la symptomatologie en fin de suivi pour les membres non opérés.

Quarante-cinq patients ont été inclus dont 9 sportifs professionnels. Le membre inférieur droit était atteint chez 12 patients (9 hommes, 3 femmes) et le membre inférieur gauche était symptomatique chez 30 patients (dont 4 femmes).

Une évaluation (prévue par le protocole) des artéfacts cinétiques a démontré des artéfacts chez 2 des 5 premiers patients inclus (scanner sans gating ECG). Ceci a conduit à la réalisation d'un gating ECG pour les 40 patients suivants.

L'artériographie était positive pour 35 membres, douteuse pour 20 membres, et négative pour 35 membres. Elle retrouvait une sténose artérielle chez 24/90 (26.7%) artères iliaques communes, 43/90 (47.8%) artères iliaques externes, 20/90 (22.2%) artères circonflexes latérales et 9/90 (10%) autres branches artérielles fémorales profondes.

En scanner, l'endofibrose apparaissait comme une lumière vasculaire réduite, sans épaississement pariétal visible. La concordance entre le scanner et l'artériographie pour le diagnostic d'endofibrose était modérée à bonne pour l'artère iliaque commune et l'artère iliaque externe, faible à modérée pour l'artère circonflexe latérale. L'angio-scanner a raté 8 (lecteur 1), 5 (lecteur 2) et 6 (lecteur 3) des 9 sténoses diagnostiquées en artériographie pour les autres branches fémorales profondes, expliquant la faible concordance pour ce segment artériel.

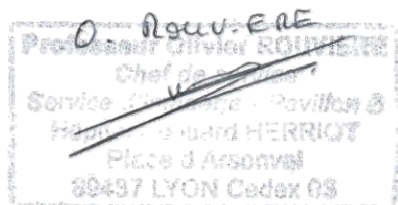
La concordance entre les 3 lecteurs de scanner était bonne pour l'artère iliaque commune, l'artère iliaque externe et l'artère circonflexe latérale. Cette concordance était faible à modérée pour les autres branches artérielles fémorales profondes.



En utilisant le suivi à long terme des patients comme référence diagnostique, la sensibilité et la spécificité de l'artériographie étaient respectivement de 86.6% et 75%. La sensibilité et spécificité du scanner étaient respectivement de 88.6% et 84.4% pour le lecteur 1, 86.3% et 75% pour le lecteur 2, 84.1% et 75% pour le lecteur 3.

En somme, après suivi à long terme des patients, l'angio-scanner présentait une sensibilité et une spécificité similaire à celle de l'artériographie pour la détection des lésions d'endofibrose chez des athlètes présentant une suspicion clinique d'endofibrose. L'angio-scanner semble ainsi être une alternative non-invasive raisonnable à l'artériographie. En raison d'une pulsatilité importante des artères iliaques chez ces patients, l'angio-scanner doit être réalisé avec gating-ECG, ce qui augmente substantiellement la dose d'irradiation. Toutefois, les progrès techniques constants des angio-scanners devraient rendre l'examen moins irradiant dans le futur.

Le Président de la thèse,
Nom et Prénom du Président
Signature



Vu :
Pour le Président de l'Université,
Le Doyen de l'UFR de Médecine Lyon Est



Professeur Gilles RODE
Vu et permis d'imprimer
Lyon, le **06 SEP. 2019**

Perrier Louis

Endofibrose artérielle chez le sportif d'endurance : comparaison prospective de l'artériographie et de l'angio-scanner.

Arterial endofibrosis in endurance athletes : prospective comparison of intra-arterial digital subtraction angiography and computer tomography angiography

RESUME : BACKGROUND :

Arterial endofibrosis is characterized by intimal fibrosis causing progressive iliac stenosis and affects endurance athletes, mostly cyclists. Typical symptoms include claudication at maximum effort with acute pain in the thigh and resolve within five minutes of rest. The measure of the ankle-brachial pressure index (ABPI) at rest and after ceasing maximal exercise is the first diagnostic examination. Digital subtraction angiography is considered as the reference examination but remains an invasive procedure. Computed tomography angiography (CTA) has replaced DSA in the assessment of many vascular conditions of the lower limbs and we hypothesized that it could provide similar information than DSA in diagnosis and assessment of endofibrosis.

METHODS :

Between April 30, 2008 and June 12, 2012, 45 endurance athletes were referred to our center for suspicion of arterial endofibrosis. Each patient received CTA and DSA of the lower limbs. CTA images were interpreted by three independent and experienced readers, DSA images were interpreted by a radiologist with more than 15 years of experience in endofibrosis imaging. Each member was divided into four arterial segments : common iliac artery, external iliac artery, lateral circumflex femoral artery and other locations on deep femoral artery. Long-term follow-up was used to assess the final diagnosis at the limb level. The diagnosis of endofibrosis was considered certain in case of surgery with suggestive pathological findings, likely or ruled out according to the evolution of symptoms during the follow-up period.

RESULTS :

At limb level, CCC between DSA and CTA results for the diagnosis of endofibrosis were estimated at 0.74 (95% CI : 0.59;0.84), 0.77 (95% CI : 0.64; 0.85) and 0.67 (95%CI : 0.49; 0.79) for readers 1,2 and 3 respectively. Concordance between CTA and DSA findings (presence, degree and length of stenosis) was moderate to good for CIAs and EIAs (0.56 to 0.79) and weak to moderate for LCAs (0.35 to 0.61). Using long-term diagnosis as reference, DSA sensitivity and specificity were respectively 86.6% and 75%; CTA sensitivity and specificity were respectively 88.6% and 84.4% for reader 1, 86.3% and 75% for reader 2 and 84.1% and 75% for reader 3.

CONCLUSION :

CTA seems a reasonable non-invasive alternative to DSA in endurance athletes with suspicion of endofibrosis.

MOTS CLES : Endofibrosis, Computed tomography angiography, DSA, diagnosis.

JURY : Président: Monsieur le Professeur Olivier Rouviere
Membres: Monsieur le Professeur Patrick Feugier
Monsieur le Professeur Loïc Boussel
Monsieur le Professeur Jean-Baptiste Pialat

DATE DE SOUTENANCE : 7 Octobre 2019

ADRESSE DE L'AUTEUR : 8 Impasse Berchet, 69008 LYON