

2018-2019

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Qualification en Médecine Générale

**MARTENS - Méthodes
d'analyse des pressions
ARTérielles pour le
diagnostic des ENdofibroseS**

Quelles méthodes d'analyse de l'Index de Pression
Systolique de Cheville ?

ZEGAR Geoffrey

Né le 06 mai 1992 à ROUEN (76)

Sous la direction de M. le Pr. ABRAHAM Pierre

Membres du jury

M. le Pr. CONNAN Laurent | Président

M. le Pr. ABRAHAM Pierre | Directeur

M. le Pr. FEUGIER Patrick | Co-directeur

M. le Pr. PICQUET Jean | Membre

Soutenue publiquement le :
03/07/2019



**FACULTÉ
DE SANTÉ**

UNIVERSITÉ D'ANGERS

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

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

signé par l'étudiant(e) le **06/02/2019**

LISTE DES ENSEIGNANTS DE L'UFR SANTÉ D'ANGERS

Directeur de l'UFR : Pr Nicolas Lerolle

Directeur adjoint de l'UFR et directeur du département de pharmacie : Pr Frédéric Lagarce

Directeur du département de médecine :

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

| | | |
|-----------------------------|--|-----------|
| ABRAHAM Pierre | Physiologie | Médecine |
| ANNWEILER Cédric | Gériatrie et biologie du vieillissement | Médecine |
| ASFAR Pierre | Réanimation | Médecine |
| AUBE Christophe | Radiologie et imagerie médicale | Médecine |
| AUGUSTO Jean-François | Néphrologie | Médecine |
| AZZOUZI Abdel Rahmène | Urologie | Médecine |
| BARON-HAURY Céline | Médecine générale | Médecine |
| BAUFRETON Christophe | Chirurgie thoracique et cardiovasculaire | Médecine |
| BENOIT Jean-Pierre | Pharmacotechnie | Pharmacie |
| BEYDON Laurent | Anesthésiologie-réanimation | Médecine |
| BIGOT Pierre | Urologie | Médecine |
| BONNEAU Dominique | Génétique | Médecine |
| BOUCHARA Jean-Philippe | Parasitologie et mycologie | Médecine |
| BOUVARD Béatrice | Rhumatologie | Médecine |
| BOURSIER Jérôme | Gastroentérologie ; hépatologie | Médecine |
| BRIET Marie | Pharmacologie | Médecine |
| CAILLIEZ Eric | Médecine générale | Médecine |
| CALES Paul | Gastroentérologie ; hépatologie | Médecine |
| CAMPONE Mario | Cancérologie ; radiothérapie | Médecine |
| CAROLI-BOSC François-xavier | Gastroentérologie ; hépatologie | Médecine |
| CHAPPARD Daniel | Cytologie, embryologie et cytogénétique | Médecine |
| CONNAN Laurent | Médecine générale | Médecine |
| COUTANT Régis | Pédiatrie | Médecine |
| COUTURIER Olivier | Biophysique et médecine nucléaire | Médecine |
| CUSTAUD Marc-Antoine | Physiologie | Médecine |
| DE BRUX Jean-Louis | Chirurgie thoracique et cardiovasculaire | Médecine |
| DESCAMPS Philippe | Gynécologie-obstétrique | Médecine |
| DINOMAS Mickaël | Médecine physique et de réadaptation | Médecine |
| DIQUET Bertrand | Pharmacologie | Médecine |
| DUCANCELLE Alexandra | Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière | Médecine |
| DUVAL Olivier | Chimie thérapeutique | Pharmacie |
| DUVERGER Philippe | Pédopsychiatrie | Médecine |
| EVEILLARD Mathieu | Bactériologie-virologie | Pharmacie |
| FANELLO Serge | Épidémiologie ; économie de la santé et prévention | Médecine |
| FAURE Sébastien | Pharmacologie physiologie | Pharmacie |
| FOURNIER Henri-Dominique | Anatomie | Médecine |
| FURBER Alain | Cardiologie | Médecine |
| GAGNADOUX Frédéric | Pneumologie | Médecine |
| GARNIER François | Médecine générale | Médecine |
| GASCOIN Géraldine | Pédiatrie | Médecine |
| GOHIER Bénédicte | Psychiatrie d'adultes | Médecine |
| GRANRY Jean-Claude | Anesthésiologie-réanimation | Médecine |
| GUARDIOLA Philippe | Hématologie ; transfusion | Médecine |
| GUILLET David | Chimie analytique | Pharmacie |
| HAMY Antoine | Chirurgie générale | Médecine |

| | | |
|---------------------------|--|-----------|
| HUNAUT-BERGER Mathilde | Hématologie ; transfusion | Médecine |
| IFRAH Norbert | Hématologie ; transfusion | Médecine |
| JEANNIN Pascale | Immunologie | Médecine |
| KEMPF Marie | Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière | Médecine |
| LACOURREYE Laurent | Oto-rhino-laryngologie | Médecine |
| LAGARCE Frédéric | Biopharmacie | Pharmacie |
| LARCHER Gérard | Biochimie et biologie moléculaires | Pharmacie |
| LASOCKI Sigismond | Anesthésiologie-réanimation | Médecine |
| LEGRAND Erick | Rhumatologie | Médecine |
| LERMITE Emilie | Chirurgie générale | Médecine |
| LEROLLE Nicolas | Réanimation | Médecine |
| LUNEL-FABIANI Françoise | Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière | Médecine |
| MARCAIS Véronique | Bactériologie-virologie | Pharmacie |
| MARTIN Ludovic | Dermato-vénéréologie | Médecine |
| MENEI Philippe | Neurochirurgie | Médecine |
| MERCAT Alain | Réanimation | Médecine |
| MERCIER Philippe | Anatomie | Médecine |
| PAPON Nicolas | Parasitologie mycologie | Pharmacie |
| PASSIRANI Catherine | Chimie générale | Pharmacie |
| PELLIER Isabelle | Pédiatrie | Médecine |
| PICQUET Jean | Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire | Médecine |
| PODEVIN Guillaume | Chirurgie infantile | Médecine |
| PROCACCIO Vincent | Génétique | Médecine |
| PRUNIER Fabrice | Cardiologie | Médecine |
| REYNIER Pascal | Biochimie et biologie moléculaire | Médecine |
| RICHARD Isabelle | Médecine physique et de réadaptation | Médecine |
| RICHOMME Pascal | Pharmacognosie | Pharmacie |
| RODIEN Patrice | Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques | Médecine |
| ROHMER Vincent | Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques | Médecine |
| ROQUELAURE Yves | Médecine et santé au travail | Médecine |
| ROUGE-MAILLART Clotilde | Médecine légale et droit de la santé | Médecine |
| ROUSSEAU Audrey | Anatomie et cytologie pathologiques | Médecine |
| ROUSSEAU Pascal | Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique | Médecine |
| ROUSSELET Marie-Christine | Anatomie et cytologie pathologiques | Médecine |
| ROY Pierre-Marie | Thérapeutique | Médecine |
| SAINT-ANDRE Jean-Paul | Anatomie et cytologie pathologiques | Médecine |
| SAULNIER Patrick | Biophysique pharmaceutique et biostatistique | Pharmacie |
| SERAPHIN Denis | Chimie organique | Pharmacie |
| SUBRA Jean-François | Néphrologie | Médecine |
| UGO Valérie | Hématologie ; transfusion | Médecine |
| URBAN Thierry | Pneumologie | Médecine |
| VAN BOGAERT Patrick | Pédiatrie | Médecine |
| VENIER Marie-Claire | Pharmacotechnie | Pharmacie |
| VERNY Christophe | Neurologie | Médecine |
| WILLOTEAUX Serge | Radiologie et imagerie médicale | Médecine |

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

| | | |
|----------------------------|---|-----------|
| ANGOULVANT Cécile | Médecine Générale | Médecine |
| ANNAIX Véronique | Biochimie et biologie moléculaires | Pharmacie |
| BAGLIN Isabelle | Pharmaco-chimie | Pharmacie |
| BASTIAT Guillaume | Biophysique et biostatistique | Pharmacie |
| BEAUVILLAIN Céline | Immunologie | Médecine |
| BELIZNA Cristina | Médecine interne | Médecine |
| BELLANGER William | Médecine générale | Médecine |
| BELONCLE François | Réanimation | Médecine |
| BENOIT Jacqueline | Pharmacologie et pharmacocinétique | Pharmacie |
| BIERE Loïc | Cardiologie | Médecine |
| BLANCHET Odile | Hématologie ; transfusion | Médecine |
| BOISARD Séverine | Chimie analytique | Pharmacie |
| CAPITAIN Olivier | Cancérologie ; radiothérapie | Médecine |
| CASSEREAU Julien | Neurologie | Médecine |
| CHEVAILLER Alain | Immunologie | Médecine |
| CHEVALIER Sylvie | Biologie cellulaire | Médecine |
| CLERE Nicolas | Pharmacologie | Pharmacie |
| COLIN Estelle | Génétique | Médecine |
| DE CASABIANCA Catherine | Médecine générale | Médecine |
| DERBRE Séverine | Pharmacognosie | Pharmacie |
| DESHAYES Caroline | Bactériologie virologie | Pharmacie |
| FERRE Marc | Biologie moléculaire | Médecine |
| FLEURY Maxime | Immunologie | Pharmacie |
| FORTRAT Jacques-Olivier | Physiologie | Médecine |
| HAMEL Jean-François | Biostatistiques, informatique médicale | Médecine |
| HELESBEUX Jean-Jacques | Chimie organique | Pharmacie |
| HINDRE François | Biophysique | Médecine |
| JOUSSET-THULLIER Nathalie | Médecine légale et droit de la santé | Médecine |
| LACOEUILLE Franck | Biophysique et médecine nucléaire | Médecine |
| LANDREAU Anne | Botanique et Mycologie | Pharmacie |
| LEGEAY Samuel | Pharmacologie | Pharmacie |
| LE RAY-RICHOMME Anne-Marie | Valorisation des substances naturelles | Pharmacie |
| LEPELTIER Elise | Chimie générale Nanovectorisation | Pharmacie |
| LETOURNEL Franck | Biologie cellulaire | Médecine |
| LIBOUBAN Hélène | Histologie | Médecine |
| MABILLEAU Guillaume | Histologie, embryologie et cytogénétique | Médecine |
| MALLET Sabine | Chimie Analytique et bromatologie | Pharmacie |
| MAROT Agnès | Parasitologie et mycologie médicale | Pharmacie |
| MAY-PANLOUP Pascale | Biologie et médecine du développement et de la reproduction | Médecine |
| MESLIER Nicole | Physiologie | Médecine |
| MOUILLIE Jean-Marc | Philosophie | Médecine |
| NAIL BILLAUD Sandrine | Immunologie | Pharmacie |
| PAPON Xavier | Anatomie | Médecine |
| PASCO-PAPON Anne | Radiologie et imagerie médicale | Médecine |
| PECH Brigitte | Pharmacotechnie | Pharmacie |
| PENCHAUD Anne-Laurence | Sociologie | Médecine |
| PETIT Audrey | Médecine et santé au travail | Médecine |
| PIHET Marc | Parasitologie et mycologie | Médecine |
| PRUNIER Delphine | Biochimie et biologie moléculaire | Médecine |
| RIOU Jérémie | Biostatistique | Pharmacie |
| ROGER Emilie | Pharmacotechnie | Pharmacie |
| SCHINKOWITZ Andréas | Pharmacognosie | Pharmacie |
| SIMARD Gilles | Biochimie et biologie moléculaire | Médecine |
| TANGUY-SCHMIDT Aline | Hématologie ; transfusion | Médecine |
| TRZEPIZUR Wojciech | Pneumologie | Médecine |

AUTRES ENSEIGNANTS

| | | |
|-----------------------|------------------|-----------|
| AUTRET Erwan | Anglais | Médecine |
| BARBEROUSSE Michel | Informatique | Médecine |
| BRUNOIS-DEBU Isabelle | Anglais | Pharmacie |
| CHIKH Yamina | Économie-Gestion | Médecine |
| FISBACH Martine | Anglais | Médecine |
| O'SULLIVAN Kayleigh | Anglais | Médecine |

PAST

| | | |
|---------------------|------------------------|-----------|
| CAVAILLON Pascal | Pharmacie Industrielle | Pharmacie |
| LAFFILHE Jean-Louis | Officine | Pharmacie |
| MOAL Frédéric | Physiologie | Pharmacie |

ATER

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| FOUDI Nabil (M) | Physiologie et communication cellulaire | Pharmacie |
| HARDONNIERE Kévin | Pharmacologie - Toxicologie | Pharmacie |
| WAKIM Jamal (Mme) | Biochimie et biomoléculaire | Médecine |

AHU

| | | |
|---------------|------------------------------------|-----------|
| BRIS Céline | Biochimie et biologie moléculaires | Pharmacie |
| LEROUX Gaël | Toxico | Pharmacie |
| BRIOT Thomas | Pharmacie Galénique | Pharmacie |
| CHAPPE Marion | Pharmacotechnie | Pharmacie |

CONTRACTUEL

| | | |
|------------------|--------|-----------|
| VIAULT Guillaume | Chimie | Pharmacie |
|------------------|--------|-----------|

REMERCIEMENTS

Je remercie le Professeur ABRAHAM Pierre pour son accompagnement, toute la confiance qu'il a su m'accorder, toute sa générosité ainsi que son écoute, sa disponibilité et son investissement permanent tant au niveau de mon parcours professionnel qu'au niveau de ce travail. Il a fait mûrir en moi la vocation de médecine vasculaire et le plaisir de la recherche. Je le remercie également de m'avoir fait l'honneur d'être mon directeur de thèse.

Je remercie le Professeur FEUGIER Patrick pour son investissement, son regard attentif et la disponibilité qu'il m'a accordé pour la réalisation de ce travail ainsi que l'honneur qu'il m'a fait d'accepter de faire partie de mon jury de thèse.

Je remercie le Professeur PICQUET Jean pour sa générosité, son partage incommensurable et toute l'implication de formation dont il a fait preuve lors de mes stages d'externat dans le service de chirurgie cardio-vasculaire et thoracique. Il a fait naître en moi la vocation de médecine vasculaire. Je le remercie également de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury de thèse.

Je remercie le Professeur CONNAN Laurent de m'avoir soutenu dans la réalisation de ce travail et de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury de thèse.

Je remercie Monsieur FEUILLOY Mathieu pour sa disponibilité, sa réflexion et ses compétences statistiques indispensables à la réalisation de ce travail.

Je remercie le Docteur HENNI Samir pour sa confiance, son écoute, sa disponibilité, son accompagnement et son investissement permanent dans ma formation dans tous les domaines de la médecine vasculaire.

Je remercie le Docteur HAUPERT Gauthier pour les stages que j'ai pu passer avec lui durant mon externat, lieux de partages de connaissances, de questionnements et d'apprentissages pratiques tant au bloc opératoire qu'au niveau clinique dans le service de chirurgie vasculaire. Je le remercie également pour tous les moments de rires et de partage.

Je remercie le Docteur TESSON Pierre pour les moments d'apprentissages passés durant mes stages d'externat notamment en chirurgie vasculaire, le partage de connaissances et le questionnement permanent dont il m'a fait bénéficier. Je le remercie également pour les souvenirs de futsal.

Je remercie les médecins et les chirurgiens vasculaires exerçants au Centre Hospitalier de Cholet :

- Docteur FONTAINE Cédric, Docteur LE MELINER Tanguy et Docteur PRIGENT Romain pour leur accompagnement, leur partage, leur gentillesse, leur dévouement et leur confiance qui m'ont permis d'appréhender dans les meilleures conditions mes premiers pas en médecine vasculaire. Pour tout cela je ne vous remercierai jamais assez.
- Docteur BAGUE Nicolas, Docteur MULLER Laurent et Docteur PERET Michel pour leur incroyable partage de connaissance, leur disponibilité, leur gentillesse et toute la formation dont ils m'ont fait profiter au sein de leur service.
- Docteur CASSE Caroline, Mme KHREIS Virginie pour leur apprentissage des traitements des plaies chroniques que je n'aurais jamais pu acquérir sans elles.
- Et plus particulièrement Docteur BAGUE Nicolas, Docteur FONTAINE Cédric, Docteur LE MELINER Tanguy et Docteur PRIGENT Romain pour leur engagement dans les inoubliables parties de baby-foot.

REMERCIEMENTS

Je remercie les médecins vasculaires exerçants au Centre Hospitalo-Universitaire d'Angers :

- Docteur BIGOU Yannick, Docteur BOUYE Philippe, Docteur CUSTAUD Marc-Antoine, Docteur FORTRAT Jacques-Olivier, Docteur GOURDIER Anne-Sophie, Docteur LEGRAND-FERNANDEZ Marie-Sophie et le Docteur MZID Maroua pour leur bienveillance, leur écoute, leur disponibilité, leur apprentissage et leur passion de la médecine vasculaire.

Et plus particulièrement :

- Docteur BIGOU Yannick pour son regard médical alerte, sa bonne humeur et son fameux café « goût carton ».
- Docteur FORTRAT Jacques-Olivier pour ses qualités pédagogiques, le temps passé à répondre à mes interrogations et pour l'histoire du bulbe de la carotide interne.
- Docteur GOURDIER Anne-Sophie pour son investissement permanent à me former ainsi que pour ses blagues m'ayant souvent fait marcher et pour ses nombreuses paraphes (peut-être, un jour, pourrais-je reproduire sa signature dans les moindres détails).
- Docteur LEGRAND-FERNANDEZ Marie-Sophie pour sa joie de vivre, sa qualité de formation et ses histoires de moëlle réflexive.
- Docteur MZID Maroua pour son écoute personnelle, tout ce qu'elle m'a appris ainsi que pour son signe astrologique et cette matinée d'attente de valeurs parfaites carotidiennes.

Je remercie le Docteur NEVEUX-BRECHETEAU Claire et le Docteur VAUGOUX Elodie pour leur qualité pédagogique, leur bienveillance, leur disponibilité, leur écoute et leur sourire.

Je remercie mes co-internes CORDON Pauline, HERSANT Jeanne, JOSSE Charlotte, RAMONDOU Pierre pour les bons moments ainsi que les soirées restées à bucher ensemble. Je remercie plus particulièrement HERSANT Jeanne : car elle me l'a demandé.

Je remercie le Docteur VANDEPUTTE Patrick pour le temps qu'il a su me donner pour la traduction et la relecture attentive de ce travail.

Je remercie les infirmières du service de Médecine Vasculaire du CHU d'Angers pour leurs qualités professionnelles ainsi que personnelles et pour la bonne humeur quotidienne partagée au sein du service.

Je remercie le Docteur BELHAMICHE Rachid, le Docteur BOELS David, le Docteur BRUNEAU Chloé, le Docteur DEGUIGNE Marie, le Docteur GEGU Clément, le Docteur JEGOU Florence, le Docteur LEROUX Gaël, le Docteur LEBORGNE Isabelle, le Docteur LEGEAY Marion et le Docteur TOURE Ali pour leur enseignement de la toxicologie et toutes leurs compétences dont ils m'ont fait profiter lors de mon stage au Centre Anti-Poison. Leur enseignement m'évitant le fameux syndrome phalloïdien des chasses aux champignons.

Je remercie le Docteur DEVAUD Bertrand, le Docteur LEVY Isabelle et le Docteur VIELLE Miguel pour leur qualité de formation clinique, pratique et comptable de la médecine libérale au sein de leurs cabinets de médecine générale.

Enfin, je remercie tous les médecins ayant intervenus de près ou de loin à ma formation médicale.

REMERCIEMENTS

Je remercie Joséphine GUINHUT pour les beaux moments partagés et tout le soutien qu'elle a su m'apporter durant toutes ces années.

Je remercie mes parents pour leur amour, leur soutien quelques soient mes choix ainsi que pour leur présence et leur écoute dans les bons comme les mauvais moments. Je les remercie également d'avoir accepté de me laisser prendre mon envol, peut-être plus tôt qu'ils ne l'auraient imaginé, tout en comprenant mon choix et en m'accompagnant du mieux qu'ils le pouvaient.

Je remercie mes grands-parents pour leur amour, les voyages passés ensemble, les journées de rugby, les chansons parfois fausses, les crânes d'obus, les leçons de coutures et de cuisine, et tous ces moments passés à la maison familiale.

Je remercie ma sœur pour son soutien, ces moments de rire, de bêtises ainsi que pour ses Barbies casse-cou et l'histoire de la famille grenouille.

Je remercie mon oncle, ma tante maternels et le mini-boubou pour les vacances passées ensemble, pour les coups de raquette, pour les compétences culinaires manifestes -un trait de maladresse pour trois traits de schtroumpfs-, ainsi que pour l'histoire de Bobby le mouton.

Je remercie le grand-boubou pour toutes ses maladresses, le télé-transport ainsi que pour les soirées avec Annabelle et Veronica dans la cabane dans les bois. Je le remercie également pour les exploits musicaux et les exploits cyclistes en montagne sous les étoiles, rivalisant de près avec Armstrong.

Je remercie toute ma famille pour leur soutien ainsi que toutes ces années de bonheur et de partage qui m'ont fait évoluer.

Je remercie mon ami de toujours Pierre GROIZARD pour les repas au restaurant, les rires et les bêtises ainsi que pour son aide et son soutien dans les moments difficiles tout au long de mes années d'études. Mention spéciale pour cette fabuleuse soirée de « Captain Tsubasa » et pour la naissance de « Super Lego Tout Nu ».

Je remercie mon amie de toujours Laure LEPOITTEVIN pour son sourire, sa joie contagieuse ainsi que l'aide, l'écoute et le soutien qu'elle a su m'apporter dans les moments difficiles. Je la remercie pour toutes les soirées passées ensembles et ses fameuses « têtes de mort ».

Je remercie mes amis de toujours Benjamin WINTENBERGER, Antoine POIRIER et Arthur VRIGNAUD pour toutes ces années de rire, de partage, de cartes et de « mines - football ».

Je remercie également Arthur VRIGNAUD pour cette fabuleuse première année de médecine et tous les souvenirs qui l'accompagnent, ainsi que pour ses compétences statistiques et le temps qu'il a su me donner pour ce travail.

J'offre une pensée pour Berlioz qui m'a accompagné durant toutes mes premières années de vie et toutes mes années d'externat en me donnant tout l'amour qu'il pouvait me donner avant de partir.

Enfin, je remercie toutes les personnes présentes aujourd'hui ainsi que celles qui m'ont témoigné leur soutien.

"Un, n'oubliez pas de regarder les étoiles et non pas vos pieds. Deux, n'abandonnez jamais le travail : le travail vous donne un sens et un but, et la vie est vide sans lui. Trois, si vous avez la chance de trouver l'amour, rappelez-vous qu'il est là et ne le jetez pas."

Stephen William Hawking
8 janvier 1942 – 14 mars 2018

Liste des abréviations

| | |
|--------------|--|
| Atcd | Antécédent |
| AUC | Area under curve |
| bpm | Battements par minute |
| cf | Confer |
| CHU | Centre hospitalo-universitaire |
| cm | Centimètre |
| Coll. | Collaborateur |
| CV | Cardio-vasculaire |
| DA | Différence Absolue |
| DiA seuil | Seuil diagnostique de la discrimination analytique |
| DiffIPSC1min | Différence entre l'IPSC de la jambe saine moins la jambe suspecte à 1 minute post-effort |
| INC | Incalculable |
| IPSC | Index de pression systolique de cheville |
| IPSC1min | IPSC à 1 minute post-effort |
| kg | Kilogramme |
| km | Kilomètre |
| mmHg | Millimètre de mercure |
| p | Pathologique |
| PA | Pression artérielle |
| PAS | Pression artérielle systolique |
| ROC | Receiver operating characteristic |
| s | Sain |
| Se | Sensibilité |
| Sp | Spécificité |
| VPN | Valeur prédictive négative |
| VPP | Valeur prédictive positive |
| W | Watt |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Plan

RESUME

1. INTRODUCTION

2. METHODES

2.1. Analyse des résultats

3. RESULTATS

3.1. Population de l'étude

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

4.1. Discussion

4.2. Limites de l'étude

4.3. Conclusion

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

TABLE DES MATIERES

ANNEXES

MARTENS – Méthodes d'analyse des pressions ARTérielles pour le diagnostic des ENdofibroseS : Quelles méthodes d'analyse de l'Index de Pression Systolique de Cheville ?

ZEGAR Geoffrey¹, HERSANT Jeanne¹, ROUVIERE Olivier², BRUNEAU Antoine^{1, 3}, RAMONDOU Pierre¹, FEUGIER Patrick⁴, ABRAHAM Pierre^{1, 3, 5}.

¹Service de Médecine Vasculaire, Centre Hospitalo-Universitaire d'Angers

²Département d'Imagerie Médicale, Centre Hospitalo-Universitaire de Lyon

³Service de Médecine du Sport, Centre Hospitalo-Universitaire d'Angers

⁴Service de Chirurgie Vasculaire, Centre Hospitalo-Universitaire de Lyon

⁵UMR MitoVasc CNRS6015-INSERM 1083, Centre Hospitalo-Universitaire d'Angers

RESUME

Introduction

L'endofibrose est une pathologie artérielle du sportif de haut niveau (retrouvée principalement chez le cycliste) touchant dans 95% des cas l'homme, âgé de 18 à 61 ans (âge moyen de 27 ans au diagnostic) sans facteurs de risque cardio-vasculaire. Du fait des difficultés à établir son diagnostic, l'endofibrose artérielle est une pathologie souvent diagnostiquée avec retard. Nous avons analysé, dans un but diagnostique, les données issues des mesures de la pression artérielle de cheville selon 8 différentes méthodes d'interprétation à ce jour proposées dans la littérature.

Sujets et Méthodes

Dans cette étude rétrospective, multicentrique, 208 sujets (52 « cas » et 156 « témoins ») ont été inclus sur une période allant du 1^{er} janvier 2000 au 1^{er} janvier 2017 aux Centres Hospitalo-Universitaire d'Angers et de Lyon. Dans un premier temps, nous avons étudié les valeurs seuils diagnostiques des endofibroses retenues dans les études précédentes. Dans un deuxième temps, nous avons réalisé des couplages de ces différents seuils diagnostiques. Dans un troisième temps, nous avons élaboré puis simplifié un algorithme diagnostique basé sur les données de cette étude. Dans un quatrième temps, une analyse discriminante de l'algorithme simplifié a été construite.

Résultats

Les taux d'erreurs des seuils diagnostiques étaient tous de l'ordre de 10% sauf Schep et coll. et Fernandez et coll. plus élevés. La performance diagnostique des couplages additionnels (« et ») de Taylor et coll. associé à Fernandez et coll. ou Abraham et coll. ou Schep et coll. était bonne avec un taux d'erreur inférieur à 5%. Les couplages relatifs (« ou ») semblaient moins pertinents. L'algorithme initial rapportait un taux d'erreur diagnostique de 2,9 %. L'algorithme simplifié permettait le diagnostic avec un taux d'erreur de 3,9%. L'équation de l'analyse discriminante de cet algorithme simplifié rapportait un taux d'erreur de 3,4% avec une représentation graphique simple d'utilisation.

Conclusion

Il semblerait judicieux d'utiliser la représentation graphique de l'analyse discriminante de l'algorithme simplifié dans le but de diagnostiquer de manière simple, rapide et peu onéreuse l'endofibrose artérielle chez le cycliste entraîné. En cas de doute diagnostique, l'utilisation de l'algorithme simplifié pourrait apporter une précision complémentaire.

1. INTRODUCTION

L'endofibrose est une pathologie artérielle du sportif de haut niveau (retrouvée principalement chez le cycliste) touchant dans 95% des cas l'homme, âgé de 18 à 61 ans (âge moyen de 27 ans au diagnostic) sans facteurs de risque cardio-vasculaire. L'endofibrose artérielle atteint dans près de 90% des cas l'artère iliaque externe mais peut atteindre d'autres localisations comme l'artère iliaque primitive, iliaque interne, l'artère circonflexe latérale de cuisse, l'artère fémorale commune, superficielle ou profonde [1, 2, 9, 21]. Dans sa localisation iliaque externe, la population concernée est principalement représentée par les cyclistes entraînés. La physiopathologie n'est pas connue mais certains auteurs évoqueraient l'existence de multiples micro-traumatismes de la paroi artérielle d'extension-flexion (pédalage) pouvant induire des micro-dissections et une fibrose cicatricielle [6, 8, 11, 12]. La symptomatologie de cette pathologie apparaît à l'effort maximal, mais est absente dans les efforts de la vie quotidienne ; elle se définit comme une douleur paralysante, un gonflement de la cuisse ou bien une perte de force de la jambe atteinte, régressant en quelques minutes à l'arrêt de l'effort maximal [1, 2, 8, 21].

Du fait des difficultés à établir son diagnostic, l'endofibrose artérielle est une pathologie souvent diagnostiquée avec retard dans cette population dont les performances sportives sont primordiales à leur histoire personnelle.

Aujourd'hui l'échographie-doppler est largement utilisée dans le diagnostic de maladies vasculaires. Elle a montré des opportunités diagnostiques dans l'endofibrose en révélant un épaissement pariétal de quelques dizaines de millimètres, une rigidité segmentaire de la paroi artérielle, un trajet très sinueux de l'artère iliaque externe ou bien la présence d'une sténose (rarement supérieure à 35 %). Cependant les valeurs prédictives (positive et négative) des ultrasons restent faibles [12, 13, 15].

D'autres examens comme l'angio-tomodensitométrie et l'angiographie digitalisée par voie artérielle peuvent également être réalisés dans un but diagnostique [4, 14].

L'Index de Pression Systolique de Cheville (IPSC) montre, quant à lui, de bonnes performances diagnostiques de l'endofibrose artérielle [3, 5, 7, 18, 19] et la réalisation d'une analyse anatomo-pathologique dans le cadre d'une prise en charge chirurgicale en permet la certitude diagnostique.

Il apparaît donc important d'harmoniser l'utilisation de ces outils diagnostiques qui sont pour certains invasifs, et pour d'autres non reproductibles dans tous les centres médicaux au vu des dispositifs matériels, organisationnels et de formation du personnel nécessaires à leur réalisation.

C'est devant ces problèmes d'accès aux outils diagnostiques, d'absence d'harmonie dans l'utilisation des méthodologies diagnostiques et de retard au diagnostic que la mesure de la pression artérielle de cheville selon 8 différentes méthodes d'interprétation, citées ci-après, pourrait tenir une place importante dans le diagnostic d'endofibrose artérielle des membres inférieurs alliant fiabilité, reproductibilité et simplicité de réalisation.

Nous étudierons donc la place de la mesure de chaque paramètre dans le diagnostic des endofibroses artérielles et plus précisément des endofibroses des artères iliaques primitives, iliaques externes, fémorales communes et fémorales superficielles chez des cyclistes entraînés. Nous utiliserons premièrement les seuils diagnostiques définis dans les études de Schep et coll. [18, 19], Taylor et coll. [22], Abraham et coll. [3], Chevalier et coll. [5] et Fernandez et coll. [7], deuxièmement le couplage de ces seuils puis troisièmement et quatrièmement la construction d'un algorithme diagnostique et d'une discrimination linéaire.

2. METHODES

Dans cette étude rétrospective, multicentrique, à visée diagnostique, effectuée sur recueil de données dans des dossiers anonymisés (fiche de recueil en annexe 1), 208 sujets ont été inclus sur une période allant du 1^{er} janvier 2000 au 1^{er} janvier 2017.

Le recueil de données aux Centres Hospitalo-Universitaire (CHU) d'Angers et de Lyon a permis d'inclure 52 patients dans le groupe « cas ».

Dans le groupe « témoin », 156 patients ont été inclus, issus de la cohorte VICTOR réalisée au CHU d'Angers ; analysant les capacités physiques d'exercice des patients représentatifs de la population générale ; avec réalisation d'un appariement de 3 « témoins » pour 1 « cas » afin d'augmenter la puissance statistique des analyses.

Dans le groupe « cas », le critère d'inclusion était d'être un cycliste entraîné (>10000km/an) ayant présenté une endofibrose artérielle histologiquement prouvée après intervention chirurgicale. Ont été exclus les patients ayant présenté une endofibrose prouvée histologiquement mais présentant un autre type d'atteinte artérielle comme une maladie athéromateuse ou d'autres maladies inflammatoires artérielles. Ont été exclus les patients porteurs d'une endofibrose artérielle prouvée histologiquement sans atteinte de l'artère iliaque primitive, iliaque externe, fémorale commune, ou fémorale superficielle.

Les valeurs des paramètres analysés (valeurs des pressions artérielles systoliques de cheville au repos et à 1 minute post-effort, différence des valeurs de pression artérielle systolique de cheville de la jambe suspecte versus la jambe saine au repos, différence des valeurs de pression artérielle systolique de cheville de la jambe suspecte versus la jambe saine à 1 minute post-effort, valeurs du rapport cheville - bras au repos et à 1 minute post-effort, différence des valeurs de l'IPSC de la jambe suspecte versus la jambe saine au repos, différence des valeurs de l'IPSC de la jambe suspecte versus la jambe saine à 1 minute post-effort) ont été mesurées à l'aide d'un appareil automatique et les tests d'effort étaient tous réalisés sur ergomètre spécifique type CYCLUS, avec des professionnels de santé expérimentés,

professionnels des consultations de médecine du sport et des tests d'effort, au CHU d'Angers comme au CHU de Lyon avec mesure de la puissance maximale développée par le patient.

Afin de relever des différences significatives entre le groupe « cas » et le groupe « témoin », les différents paramètres sus-cités ont donc été analysés en quatre temps détaillés ci-dessous.

Dans un premier temps, nous avons étudié les valeurs seuils diagnostiques des endofibroses retenues dans les études de Schep et coll. ^[18, 19], de Taylor et coll. ^[22], d'Abraham et coll. ^[3], de Chevalier et coll. ^[5] et de Fernandez et coll. ^[7] (cf tableau 2) pour déceler la valeur seuil diagnostique la plus performante sur la population de l'étude.

| Etudes | Valeur seuil diagnostique (à 1 min post-effort) |
|------------------------------------|---|
| Schep et coll. ^[18, 19] | 0,54 IPSC ou 23 mmHg DA* |
| Taylor et coll. ^[22] | 0,50 IPSC ou 0,18 IPSC DA* |
| Abraham et coll. ^[3] | 0,66 IPSC |
| Chevalier et coll. ^[5] | 0,50 IPSC |
| Fernandez et coll. ^[7] | $(0,06 \times \text{PAp}^*) - (0,042 \times \text{PA}^*) + (1,734 \times \text{IPSCp}^*) - (0,103 \times \text{IPSCs}^*) - 1,3531$ Seuil diagnostique = 0 Pathologique si < 0 |

Tableau 1 Présentation des différentes valeurs seuils diagnostiques de l'endofibrose artérielle avec des mesures réalisées à 1 minute post-effort

* DA = différence absolue entre le membre inférieur considéré sain et le membre inférieur considéré pathologique

* PA = pression artérielle

* IPSC = index de pression systolique de cheville

* p = jambe considérée pathologique

* s = jambe considérée saine

Dans un deuxième temps, nous avons réalisé des couplages de ces différents seuils diagnostiques dans le but d'améliorer la performance diagnostique de l'endofibrose artérielle. Ont donc été effectués les couplages de façon additionnelle (« et ») et de façon relative (« ou ») des seuils diagnostiques de :

- L'étude d'Abraham et coll. ^[3] et/ou de l'étude de Taylor et coll. ^[22]
- L'étude d'Abraham et coll. ^[3] et/ou de l'étude de Schep et coll. ^[18, 19]
- L'étude d'Abraham et coll. ^[3] et/ou de l'étude de Fernandez et coll. ^[7]
- L'étude de Taylor et coll. ^[22] et/ou de l'étude de Schep et coll. ^[18, 19]
- L'étude de Taylor et coll. ^[22] et/ou de l'étude de Chevalier et coll. ^[5]
- L'étude de Chevalier et coll. ^[5] et/ou de l'étude de Schep et coll. ^[18, 19]
- L'étude de Chevalier et coll. ^[5] et/ou de l'étude de Fernandez et coll. ^[7]
- L'étude de Schep et coll. ^[18, 19] et/ou de l'étude de Fernandez et coll. ^[7]

Dans un troisième temps, nous avons élaboré un algorithme diagnostique basé sur les données de cette étude afin de définir un seuil diagnostique alliant facilité d'utilisation et performance diagnostique. Celui-ci a été construit à l'aide d'analyses uni-variée et bi-variée dans le but de mettre en évidence les variables séparant au mieux les groupes « cas » et « témoin » puis par analyse multivariée, en considérant plusieurs variables ensemble, et par la création d'un arbre de décision. Cette méthodologie correspondait à un processus itératif où la première étape consistait à chercher la variable qui, par ses modalités, séparait le mieux les données de chaque groupe, créant ainsi un sous-espace. Dans ce sous-espace, le même procédé était répété afin d'affiner les règles de classement entre les deux groupes et d'aboutir à la création d'un arbre décisionnel.

Afin d'alléger les règles de classement à visée pratique, nous avons également effectué une simplification par élagage de l'arbre décisionnel.

Enfin, dans un quatrième temps, nous avons élaboré une analyse discriminante de l'algorithme simplifié afin de faciliter son utilisation en pratique courante.

L'étude, portant le numéro 2017/47, a été approuvée par le comité d'éthique du CHU d'Angers.

2.1. Analyse des résultats

Les données ont été intégrées dans un tableur Excel avec utilisation du logiciel Matlab 2014A pour analyses statistiques avec test de Student, test ANOVA et analyses uni-variée, bi-variée, multivariée et analyse discriminante avec calcul de sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive, valeur prédictive

négative et taux d'erreur. Pour tous les tests statistiques, une valeur de $p < 0,05$ a été utilisée en test bilatéral comme critère de significativité.

3. RESULTATS

3.1. Population de l'étude

Les patients du groupe « cas », âgés de 19 ans à 66 ans ont été appariés en sexe, âge, latéralité de la lésion et facteurs de risque cardio-vasculaire, avec les 15 femmes et 141 hommes du groupe « témoin » (figure 1).

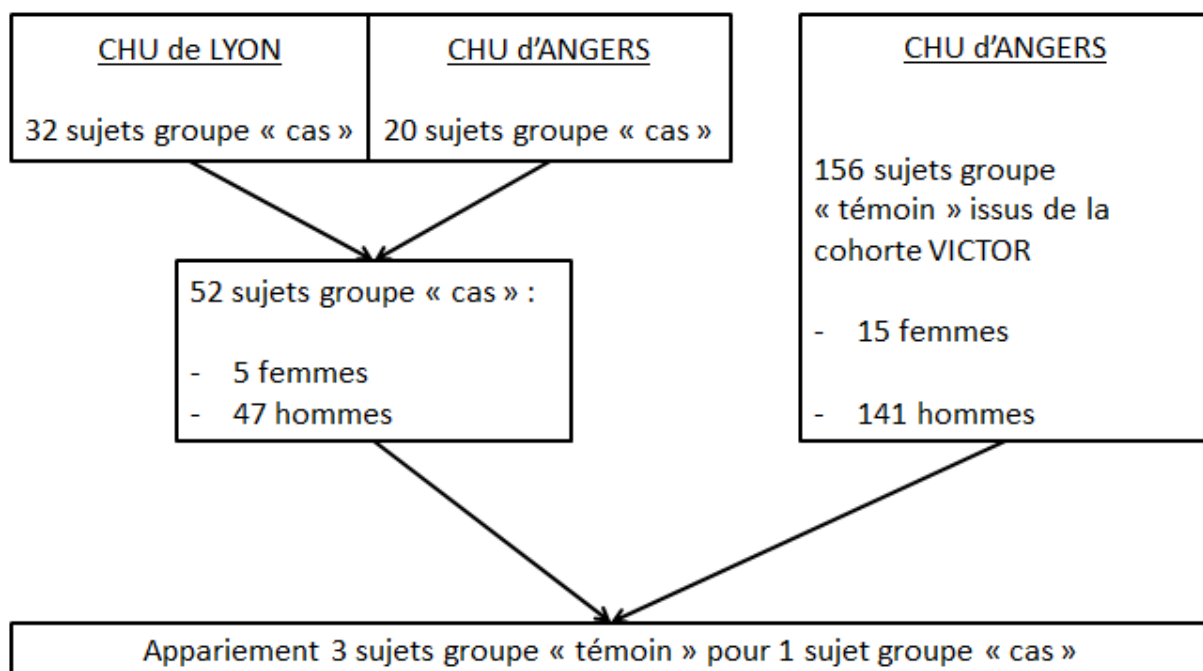


Figure 1 Design de l'étude

Malgré le mode recrutement, on notait des différences significatives entre les deux groupes concernant l'âge, la taille, le poids ainsi que la fréquence cardiaque, la pression artérielle et la puissance développée à l'exercice témoignant d'un effectif « cas » plus entraîné que l'effectif « témoin » (cf tableau 2).

| | « CAS » (52) | « TEMOIN » (156) | Student p (0,05) |
|---|------------------------|------------------------|------------------|
| Sexe | | | |
| - Masculin | 47 | 141 | / |
| - Féminin | 5 | 15 | / |
| Age (année) | | | |
| - Masculin | 33 (19 - 66) | 39 (19 - 55) | 0,01 |
| - Féminin | 36 (31 - 42) | 39 (24 - 43) | 0,26 |
| - Total | 33 (19 - 66) | 39 (19 - 55) | < 0,01 |
| Taille (cm*) | | | |
| - Masculin | 181 (167 - 194) | 178 (165 - 193) | 0,01 |
| - Féminin | 171 (167 - 173) | 167 (161 - 174) | 0,03 |
| - Total | 180 (167 - 194) | 177 (161 - 193) | 0,01 |
| Poids (kg*) | | | |
| - Masculin | 73 (61 - 93) | 78 (53 - 112) | < 0,01 |
| - Féminin | 58 (52 - 61) | 63 (56 - 79) | 0,04 |
| - Total | 71 (52 - 93) | 76 (53 - 112) | < 0,01 |
| Co-morbidités (nombre) | | | |
| - HTA* | 0 | 1 | 0,32 |
| - Diabète | 0 | 0 | 1 |
| - Dyslipidémie | 0 | 1 | 0,32 |
| - Atcd* familiaux CV* | 0 | 1 | 0,16 |
| - Tabagisme actif | 1 | 1 | 1 |
| Puissance développée (W*) | | | |
| - Masculin | 331 (200 - 480) | 278 (225 - 425) | < 0,01 |
| - Féminin | 274 (246 - 320) | 197 (150 - 300) | < 0,01 |
| - Total | 325 (200 - 480) | 270 (150 - 425) | < 0,01 |
| Pression Artérielle (mmHg*) à 1 minute post-effort | | | |
| - Masculin | 179 (60 - 238) | 159 (87 - 233) | < 0,01 |
| - Féminin | 157 (148 - 163) | 134 (112 - 151) | < 0,01 |
| - Total | 177 (60 - 238) | 156 (87 - 233) | < 0,01 |
| Fréquence Cardiaque Maximale (bpm*) | | | |
| - Masculin | 156 (110 - 193) | 181 (151 - 211) | < 0,01 |
| - Féminin | 154 (136 - 175) | 176 (151 - 202) | 0,02 |
| - Total | 156 (110 - 193) | 180 (151 - 211) | < 0,01 |

Tableau 2 Description de la population

* cm = centimètre, * kg = kilogramme, * Atcd = Antécédent, * CV = cardio-vasculaire, * W = Watt,

* mmHg = millimètre de Mercure, * bpm = battements par minute

L'analyse des performances diagnostiques des différents seuils proposés par les études antérieures (cf tableau 1), est reportée dans le tableau 3 ci-dessous.

| | Se | Sp | VPP | VPN | Taux d'Erreur |
|---|-------|--------|--------|-------|---------------|
| Schep et coll. ^[18, 19] | 90,4% | 50,6% | 37,9% | 94,0% | 39,4% |
| Taylor et coll. ^[22] | 82,7% | 93,6% | 81,1% | 94,2% | 9,1% |
| Abraham et coll. ^[3] | 88,5% | 89,7% | 74,2% | 95,9% | 10,6% |
| Chevalier et coll. ^[5] | 61,5% | 100,0% | 100,0% | 88,6% | 9,6% |
| Fernandez et coll. ^[7] | 86,5% | 81,4% | 60,8% | 94,8% | 17,3% |

Tableau 3 Comparaison des différents seuils diagnostiques des études de Schep et coll. ^[18, 19], Taylor et coll. ^[22], Abraham et coll. ^[3], Chevalier et coll. ^[5], Fernandez et coll. ^[7]

Cette analyse a mis en évidence que les taux d'erreur des seuils diagnostiques étaient tous de l'ordre de 10% hormis le seuil de Fernandez et coll. ^[7] et le seuil de Schep et coll. ^[18, 19] qui apparaissaient nettement plus élevés.

Les couplages additionnels (« et ») ont été reportés dans le tableau 4. Les couplages relatifs (« ou ») ont été reportés dans le tableau 5.

A noter que le couplage de seuils diagnostiques entre celui issu de l'étude d'Abraham et coll. ^[3] et celui issu de l'étude de Chevalier et coll. ^[5] n'a pas été analysé devant l'utilisation unique de valeur d'IPSC dans les deux cas.

| | Se | Sp | VPP | VPN | Taux d'erreur |
|---|-------|--------|--------|-------|---------------|
| Abraham et coll. ^[3] et Fernandez et coll. ^[7] | 82,7% | 93,6% | 81,1% | 94,2% | 9,1% |
| Taylor et coll. ^[22] et Fernandez et coll. ^[7] | 86,5% | 98,7% | 95,7% | 95,7% | 4,3% |
| Schep et coll. ^[18, 19] et Fernandez et coll. ^[7] | 0,0% | 100,0% | INC* | 75,0% | 25,0% |
| Schep et coll. ^[18, 19] et Chevalier et coll. ^[5] | 61,5% | 100,0% | 100,0% | 88,6% | 9,6% |
| Chevalier et coll. ^[5] et Fernandez et coll. ^[7] | 61,5% | 100,0% | 100,0% | 88,6% | 9,6% |
| Chevalier et coll. ^[5] et Taylor et coll. ^[22] | 61,5% | 100,0% | 100,0% | 88,6% | 9,6% |
| Abraham et coll. ^[3] et Schep et coll. ^[18, 19] | 86,5% | 93,0% | 80,4% | 95,4% | 8,6% |
| Abraham et coll. ^[3] et Taylor et coll. ^[22] | 82,7% | 99,4% | 97,7% | 94,5% | 4,8% |
| Schep et coll. ^[18, 19] et Taylor et coll. ^[22] | 86,5% | 98,7% | 95,7% | 95,7% | 4,3% |

Tableau 4 Tableau comparatif de la sensibilité, spécificité, VPP, VPN et du taux d'erreur des seuils diagnostiques couplés de façon additionnelle (« et ») issus des études de Taylor et coll.[22], Schep et coll. [18, 19], Abraham et coll. [3], Fernandez et coll. [7], Chevalier et coll. [3]

*INC = Incalculable

Cette proposition de couplage additionnel (« et ») des seuils diagnostiques issus des différentes études précédemment citées a mis en évidence la performance diagnostique de trois couplages, avec un taux d'erreur inférieur à 5%. Le couplage additionnel des seuils de Schep et coll. ^[18, 19] et de Fernandez et coll. ^[7] semblait le moins pertinent.

| | Se | Sp | VPP | VPN | Taux d'Erreur |
|---|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Abraham et coll. ^[3] ou Fernandez et coll. ^[7] | 92,3% | 79,5% | 60,0% | 96,9% | 17,3% |
| Taylor et coll. ^[22] ou Fernandez et coll. ^[7] | 86,5% | 80,8% | 60,0% | 94,7% | 17,8% |
| Schep et coll. ^[18, 19] ou Fernandez et coll. ^[7] | 90,4% | 50,6% | 37,9% | 94,0% | 39,4% |
| Schep et coll. ^[18, 19] ou Chevalier et coll. ^[5] | 90,4% | 50,6% | 37,9% | 94,0% | 39,4% |
| Chevalier et coll. ^[5] ou Fernandez et coll. ^[7] | 86,5% | 82,7% | 62,5% | 94,9% | 6,3% |
| Chevalier et coll. ^[5] ou Taylor et coll. ^[22] | 86,5% | 96,8% | 90,0% | 95,6% | 5,8% |
| Abraham et coll. ^[3] ou Schep et coll. ^[18, 19] | 92,3% | 48,1% | 37,2% | 94,9% | 60,9% |
| Abraham et coll. ^[3] ou Taylor et coll. ^[22] | 92,3% | 87,8% | 71,6% | 97,2% | 11,1% |
| Schep et coll. ^[18, 19] ou Taylor et coll. ^[22] | 90,4% | 48,7% | 37,0% | 93,8% | 60,9% |

Tableau 5 Tableau comparatif de la sensibilité, spécificité, VPP, VPN et du taux d'erreur des seuils diagnostiques couplés de façon relative (« ou ») issus des études de Taylor et coll.[22], Schep et coll. [18, 19], Abraham et coll. [3], Fernandez et coll. [7], Chevalier et coll. [3]

Dans le cas de figure du couplage relatif (« ou »), seuls deux couplages ont révélés un taux d'erreur inférieur à 10%.

Dans un troisième temps nous avons construit un algorithme diagnostique dans le but de diagnostiquer l'endofibrose artérielle de façon plus précise et avec le moins de risque d'erreur que les valeurs seuils des études citées précédemment.

En analysant les paramètres initiaux avec création de courbes sensibilité/spécificité (courbes ROC), nous avons mis en évidence une bonne performance des valeurs à 1 minute post-effort (meilleure que les valeurs de repos) notamment sur 3 paramètres qu'étaient la différence de Pression Artérielle de la jambe suspecte moins la jambe saine (Area Under Curve (AUC) = 0,84), la mesure d'IPSC (AUC = 0,96), la différence d'IPSC de la jambe suspecte moins la jambe saine (AUC = 0,96).

Des analyses ANOVA, uni-variée, bi-variée et multivariée de tous ces éléments ont également confirmé la significativité de ces trois paramètres sus-cités.

Ces analyses ont permis la réalisation, via l'association des paramètres significativement différents entre les groupes « cas » et « témoin », d'un algorithme diagnostique permettant de diagnostiquer l'endofibrose artérielle selon plusieurs étapes décrites dans la figure 2 :

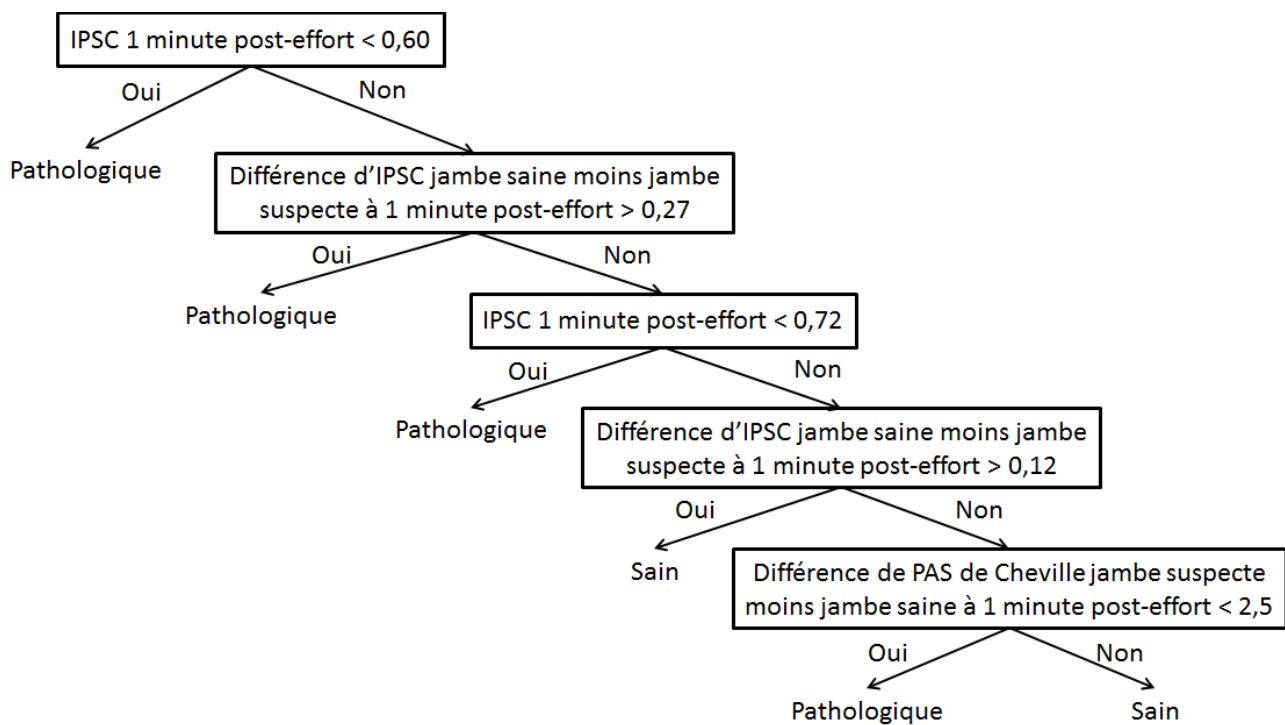


Figure 2 Algorithme diagnostique de l'endofibrose artérielle à trois variables

* IPSC = index de pression systolique de cheville

* PAS = pression artérielle systolique

Cet algorithme à trois variables a donc permis d'établir le diagnostic d'endofibrose artérielle avec un taux d'erreur de 2,9 % associé à une sensibilité de 96,2%, une spécificité de 97,4%, une valeur prédictive positive de 92,6%, et une valeur prédictive négative de 98,7% prédictives d'un diagnostic plus fiable que dans les études précédemment décrites.

Afin de rendre cet algorithme plus simple d'utilisation, deux paramètres (cf figure 3) ont été retenus : la mesure de l'IPSC de la jambe suspecte mesuré à 1 minute post-effort et la différence entre l'IPSC de la jambe saine moins la jambe suspecte. Si le premier était inférieur à 0,60 cela posait le diagnostic

d'endofibrose artérielle et s'il était supérieur à 0,60 alors on analysait la différence entre l'IPSC de la jambe saine moins l'IPSC de la jambe suspecte à 1 minute post-effort. Si celle-ci était supérieure à 0,27 cela révélait le diagnostic d'endofibrose artérielle.

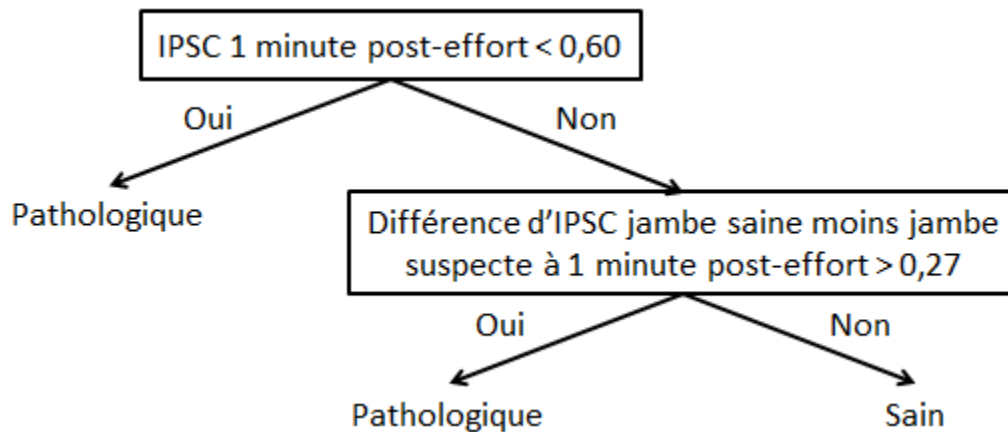


Figure 3 Algorithme diagnostique de l'endofibrose artérielle à deux variables

* IPSC = index de pression systolique de cheville

Cet algorithme simplifié permettait le diagnostic d'endofibrose artérielle avec un taux d'erreur de 3,9% associé à une sensibilité de 92,3%, une spécificité de 97,4%, une valeur prédictive positive de 92,3% et une valeur prédictive négative de 97,4%, similaires à l'algorithme à trois variables, et donc prédictives d'un diagnostic aussi fiable.

Enfin, l'analyse par discrimination linéaire (représentation graphique en figure 4) de l'algorithme à deux variables aboutit à l'équation ci-dessous :

$$Z = -17,08 \times (\text{IPSC1min}^*) + 26,83 \times (\text{DiffIPSC1min}^*) + 5,06$$

DiA seuil* = 0 (positif si > 0)

* « IPSC1min » étant la mesure de l'IPSC de la jambe suspecte à 1 minute post-effort

* « DiffIPSC1min » correspondant à la différence entre l'IPSC de la jambe saine moins l'IPSC de la jambe suspecte à 1 minute post-effort.

* « DiA seuil » correspondant au seuil diagnostique de la discrimination analytique de l'algorithme à deux variables

A partir de cette équation, nous avons calculé les valeurs de sensibilité (86,5%), de spécificité (100%), de valeur prédictive positive (100%), de valeur prédictive négative (95,7%) et de taux d'erreur (3,4%) retrouvant une similitude avec les performances diagnostiques des algorithmes précédemment cités.

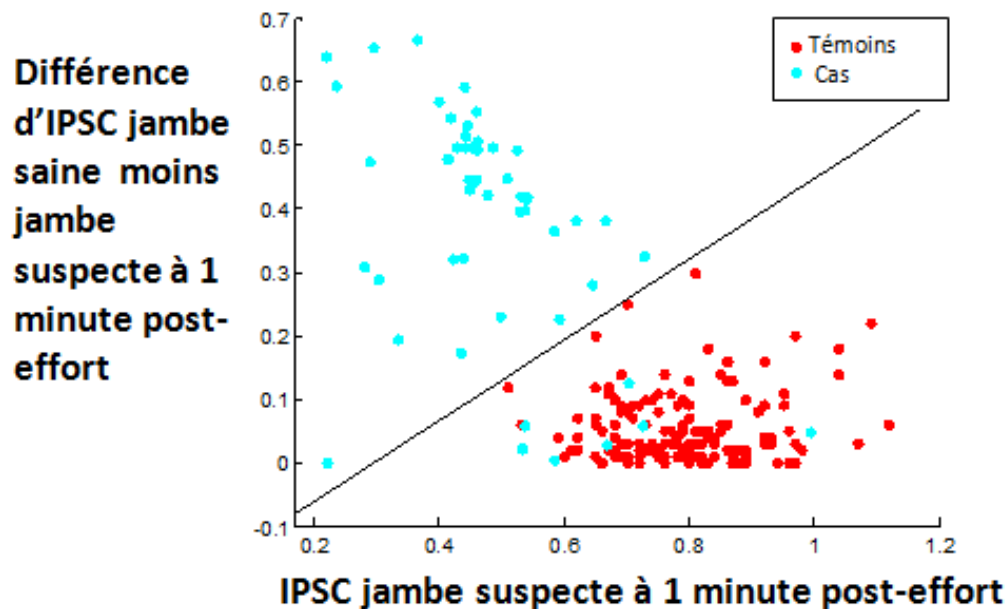


Figure 4 Graphique exposant l'IPSC à 1 minute post-effort de la jambe suspecte et la différence d'IPSC de la jambe saine moins la jambe suspecte à 1 minute post-effort

* IPSC = index de pression systolique de cheville

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

4.1. Discussion

Cette étude est la plus importante en nombre d'inclusions, concernant les méthodologies diagnostiques de l'endofibrose artérielle. En effet, les autres études comportaient : 38 patients atteints d'endofibrose artérielle pour l'étude d'Abraham et coll.^[3], 7 patients atteints d'endofibrose artérielle pour l'étude de Chevalier et coll.^[5], 9 patients atteints d'endofibrose artérielle pour l'étude de Fernandez et coll.^[7], 80 patients symptomatiques sans preuve d'endofibrose artérielle pour l'étude de Schep et coll.^[18, 19], 4 patients atteints d'endofibrose artérielle pour l'étude de Taylor et coll.^[22].

Un des points forts de l'étude est le fait que le groupe « cas » est exclusivement constitué d'endofibrose artérielle prouvée et le groupe « témoin » de sujets rigoureusement asymptomatiques.

Les CHU d'Angers et de Lyon sont des centres expérimentés dans le diagnostic et le traitement des endofibroses artérielles, comportant des équipes qualifiées dans la prise en charge de cette pathologie^[1, 2, 3, 8, 9, 14].

Afin de limiter les erreurs de mesure, le matériel de mesure d'IPSC dans les CHU d'Angers et de Lyon était un brassard à tension à mesure automatique.

Par ces analyses, le seuil diagnostique issu de l'étude de Schep et coll.^[18, 19] nous semble comporter trop de risque de faux négatifs (49,4%) pour être utilisé en pratique. De plus, le seuil diagnostique issu de l'étude de Chevalier et coll.^[5] comporte une trop faible sensibilité diagnostique vis-à-vis des autres seuils diagnostiques. Enfin, le seuil diagnostique issu de l'étude de Fernandez et coll.^[3] nous paraît trop complexe pour une utilisation en routine.

L'utilisation du couplage additionnel (« et ») apparaît également intéressante et résulte en des taux d'erreur plus performants que l'utilisation isolée des seuils diagnostiques précédemment décrits dans la littérature. Les analyses du couplage relatif (« ou ») témoignent d'une moindre capacité diagnostique que les analyses du couplage additionnel (« et »). Néanmoins, le couplage relatif des seuils de Taylor et coll.^[22] et de Fernandez et coll.^[7] peut sembler pertinent mais serait d'utilisation difficile en pratique courante.

L'utilisation des algorithmes à deux et trois variables s'est montrée être la méthode la plus performante dans le diagnostic de cette pathologie. Néanmoins l'algorithme à trois variables se révèle être d'utilisation complexe d'un point de vue pratique justifiant l'utilisation de l'algorithme à deux variables comme intéressante en routine, malgré ses valeurs seuils complexes.

Afin de faciliter l'utilisation de routine en gardant une performance diagnostique très satisfaisante, l'équation linéaire a permis de définir les patients comme « sains » et comme « suspects d'endofibrose artérielle » de façon convaincante par une simple représentation graphique des résultats observés (cf annexe 2). Cette représentation graphique résulte en un taux d'erreur de 3,4%.

Actuellement, l'échographie doppler aide au diagnostic d'endofibrose artérielle comme explicité précédemment. Néanmoins, cette technique reste difficile de réalisation notamment concernant les artères proximales qui ne sont pas toujours bien visualisées. De plus visualiser une anomalie à cet examen ne permet pas d'affirmer ou d'infirmer le diagnostic devant des valeurs prédictives (positive et négative) faibles.

L'angio-tomodensitométrie couplée avec une imagerie par résonance magnétique 3 Tesla reste de réalisation intéressante mais peu accessible dans tous les centres et dans des délais convenables.

Il est donc apparu dans la genèse de cette étude, que l'IPSC à 1 minute post-effort pouvait montrer des performances diagnostiques intéressantes dans le diagnostic de l'endofibrose artérielle chez le cycliste entraîné.

Nécessitant le matériel nécessaire à un test d'effort (tapis, vélo, contrôle des constantes, brassards automatiques) et un personnel qualifié, la mesure d'IPSC post-effort n'est pas réalisable dans tous les centres médicaux. Malgré tout, cette technique reste plus accessible que les techniques actuelles diagnostiques comme l'angio-tomodensitométrie ou l'angiographie digitalisée.

Il est également important de signaler que la mesure d'IPSC nécessite quelques principes fondamentaux tels que le décubitus dorsal strict lors de la mesure, une mesure simultanée automatique ou à très peu d'intervalle de temps afin d'obtenir un rapport de pressions artérielles fiable. Elle nécessite également une mesure à 1 minute post-effort pour obtenir des valeurs reproductibles et analysables devant la validation de l'IPSC à 1 minute post-effort pour le diagnostic des pathologies artérielles symptomatiques à l'effort ^[3, 11].

La mesure des IPSC à 2 minutes et 3 minutes ou plus post-effort n'a pas été utilisée devant la diminution de la performance de l'IPSC post-effort au cours du temps de récupération dans le diagnostic de pathologies artérielles d'effort comme montrée dans une étude d'Abraham et coll. ^[3].

Malgré ces inconvénients, la mesure de l'IPSC post-effort demeure une méthode incontournable dans la prise en charge diagnostique des pathologies artérielles symptomatiques à l'effort et c'est dans ce sens

qu'il est apparu essentiel d'établir des seuils diagnostiques d'IPSC, de rapport d'IPSC ou de pressions artérielles chez les patients inclus dans ce protocole.

4.2. Limites de l'étude

Il est important de préciser que cette étude s'est exclusivement intéressée à la pathologie d'endofibrose artérielle et non à la pathologie de kinking (resserrement, pincement) d'une artère, qui n'a donc pas été évaluée. Il apparaît donc impossible de prédire la capacité diagnostique de cette méthodologie dans le diagnostic de kinking d'une artère, pouvant se retrouver chez le cycliste de haut niveau par attitude posturale durant son activité sportive.

Ce protocole de recherche comportait des patients appariés en sexe, en âge, ainsi qu'en latéralité de la lésion, ne permettant pas d'étudier, chez les sujets « cas », les données des membres inférieurs considérés comme sains versus suspects. En effet les patients ayant été pris en charge chirurgicalement d'un seul côté, il n'était pas exclu qu'existe une atteinte controlatérale qu'on ne pouvait prouver lors de cette étude.

Malgré la tentative d'appariement, il semble que le groupe « cas » soit plus entraîné que le groupe « témoin » pouvant présenter une limite dans leurs analyses.

La représentation graphique de la formule par analyse discriminante peut poser une problématique de précision de report de mesure pour les patients situés à la limite entre les patients considérés comme « malades » et comme « sains ».

Les patients de l'étude ont été diagnostiqués par l'utilisation des seuils diagnostiques issus des études d'Abraham et coll. ^[3] et de Chevalier et coll. ^[5] ce qui pourrait conduire à surestimer les performances de ces critères. Cependant le diagnostic est en règle posé par une addition d'éléments anamnestiques ainsi que cliniques et ne repose pas que sur l'utilisation de ces seuils diagnostiques.

Les patients présentant une endofibrose artérielle bilatérale ne peuvent bénéficier de cet outil diagnostique. Cependant, il est important de signaler que cette pathologie est rarement bilatérale (15% des cas) et rarement symétrique ^[1]. Les patients présentant une endofibrose artérielle d'artères non

explorées par la mesure d'IPSC (artère iliaque interne, artère circonflexe latérale de cuisse et artère fémorale profonde) ne peuvent également bénéficier de cet outil diagnostique.

4.3. Conclusion

Il semblerait judicieux, à la vue de ces résultats, d'utiliser la représentation graphique en annexe 2 dans le but de diagnostiquer de manière simple, rapide et peu onéreuse l'endofibrose artérielle chez le cycliste entraîné.

En cas de doute diagnostique avec cette méthode, l'utilisation de l'algorithme à deux variables pourrait apporter une précision complémentaire.

BIBLIOGRAPHIE

1. Abraham, P., Saumet, J.-L., et Chevalier, J.-M. « External Iliac Artery Endofibrosis in Athletes »: *Sports Medicine* 24, n° 4 (octobre 1997): 221-26.
2. Abraham, P., Chevalier, J.-M., Leftheriotis, G., et Saumet, J.-L. « Lower Extremity Arterial Disease in Sports ». *The American Journal of Sports Medicine* 25, n° 4 (juillet 1997): 581-84.
3. Abraham, P., Bickert, S., Vielle, B., Chevalier, J.-M., et Saumet, J.-L. « Pressure Measurements at Rest and after Heavy Exercise to Detect Moderate Arterial Lesions in Athletes ». *Journal of Vascular Surgery* 33, n° 4 (avril 2001): 721-27.
4. Alimi, Y.S., Accrocca, F., Barthèlemy, P., Hartung, O., Dubuc, M., et Boufi, M. « Comparison Between Duplex Scanning and Angiographic Findings in the Evaluation of Functional Iliac Obstruction in Top Endurance Athletes ». *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 28, n° 5 (novembre 2004): 513-19.
5. Chevalier, J.-M., Enon, B., Walder, J., Barral, X., Pillet, J., Megret, A., Lhoste, P., Saint-André, J.-P., et Davinroy, M. « Endofibrosis of the External Iliac Artery in Bicycle Racers: an Unrecognized Pathological State ». *Annals of Vascular Surgery* 1, n° 3 (1 novembre 1986): 297-303.
6. Del Gallo, G., Plissonnier, D., Planet, M., Peillon, C., Testart, J., Watelet, J. « Dissecting aneurysm of the external iliac artery. An unusual course of endofibrosis in an athlete ». *Journal des Maladies Vasculaires* 21 (1996) : 95-97
7. Fernandez-Garcia, B., Alvarez Fernandez, J., Vega Garcia, F., Terrados, N., Rodriguez-Alonso, M., Alvarez Rodriguez, E., Rodriguez Olay, J.-J., et al. « Diagnosing External Iliac Endofibrosis by Postexercise Ankle to Arm Index in Cyclists »: *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, n° 2 (février 2002): 222-27.

8. Feugier, P. « Pathologie vasculaire du sportif ». Dans: Monod, H., Rochcongar, P., éditeurs. *Manuel du Sport*. 4ème éd. Paris: Elsevier Masson SAS (2009) : 347-61.
9. Feugier, P., et Chevalier, J.-M., « Endofibrosis of the Iliac Arteries: An Underestimated Problem ». *Acta Chirurgica Belgica* 104, n° 6 (janvier 2004): 635-40.
10. Godet, R. « Distribution de l'index de pression systolique de cheville après effort maximal chez mille sujets. », s. d., 42.
11. Hinchliffe, R.J., D'Abate, F., Abraham, P., Alimi, Y., Beard, J., Bender, M., Björck, M., et al. « Diagnosis and Management of Iliac Artery Endofibrosis: Results of a Delphi Consensus Study ». *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 52, n° 1 (juillet 2016): 90-98.
12. Lim, C.S., Gohel, M.S., Shepherd, A.C., et Davies, A.H. « Iliac Artery Compression in Cyclists: Mechanisms, Diagnosis and Treatment ». *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 38, n° 2 (août 2009): 180-86.
13. Peach, G., Schep, G., Palfreeman, R., Beard, J.D., Thompson, M.M., et Hinchliffe, R.J. « Endofibrosis and Kinking of the Iliac Arteries in Athletes: A Systematic Review ». *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 43, n° 2 (février 2012): 208-17.
14. Rouvière, O., Feugier, P., Gutiérrez, J.P., et Chevalier, J.-M. « Arterial Endofibrosis in Endurance Athletes: Angiographic Features and Classification ». *Radiology* 273, n° 1 (octobre 2014): 294-303.
15. Sarlon-Bartoli, G., Lazraq, M., Bartoli, M.A., Lagrange, G., Coudreuse, J.M., Jau, P., Belenotti, P., Bartoli, J.M., Viton, J.M., et Magnan, P.E. « Endofibrose de l'artère iliaque externe diagnostiquée par écho-doppler post-effort ». *Journal des Maladies Vasculaires* 37, n° 3 (juin 2012): 150-54.
16. Schep, G., Bender, M.H., Kaandorp, D., Hammacher, E.R., et de Vries, W.R. « Flow Limitations in the Iliac Arteries in Endurance Athletes. Current Knowledge and Directions for

the Future ». *International Journal of Sports Medicine* 20, n° 7 (octobre 1999): 421-28.

17. Schep, G., Bender, M.H., van de Tempel, G., Wijn, P.F., de Vries, W.R., et Eikelboom, B.C. « Detection and Treatment of Claudication Due to Functional Iliac Obstruction in Top Endurance Athletes: A Prospective Study ». *The Lancet* 359, n° 9305 (février 2002): 466-73.

18. Schep, G., Bender, M.H., Schmikli, S.L., Mosterd, W.L., Hammacher, E.R., Scheltinga, M., et Wijn, P.F. « Recognising Vascular Causes of Leg Complaints in Endurance Athletes. Part 1: Validation of a clinical decision algorithm ». *International Journal of Sports Medicine* 23, n° 5 (juillet 2002): 313-21.

19. Schep, G., Bender, M.H., Schmikli, S.L., Mosterd, W.L., Hammacher, E.R., Scheltinga, M., et Wijn, P.F. « Recognising Vascular Causes of Leg Complaints in Endurance Athletes. Part 2: The Value of Patient History, Physical Examination, Cycling Exercise Test and Echo-Doppler Examination ». *International Journal of Sports Medicine* 23, n° 5 (juillet 2002): 322-28.

20. Schep, G., Bender, M.H., Schmikli, S.L., et Wijn, P.F. « Color Doppler Used to Detect Kinking and Intravascular Lesions in the Iliac Arteries in Endurance Athletes with Claudication ». *European Journal of Ultrasound* 14, n° 2-3 (décembre 2001): 129-40.

21. Takach, T.J., Kane, P.N., Madjarov, J.M., Holleman, J.H., Nussbaum, T., Robicsek, F., et al. « Arteriopathy in the high-performance athlete ». *Texas Heart Institute Journal* 33, n° 4 (2006): 482-6.

22. Taylor, A.J., et George, K.P. « Ankle to Brachial Pressure Index in Normal Subjects and Trained Cyclists with Exercise-Induced Leg Pain »: *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33, n° 11 (novembre 2001): 1862-67.

23. Willson, T.D., Revesz, E., Podbielski, F.J., et Blecha, M.J. « External Iliac Artery Dissection Secondary to Endofibrosis in a Cyclist ». *Journal of Vascular Surgery* 52, n° 1 (juillet 2010): 219-21.

LISTE DES FIGURES

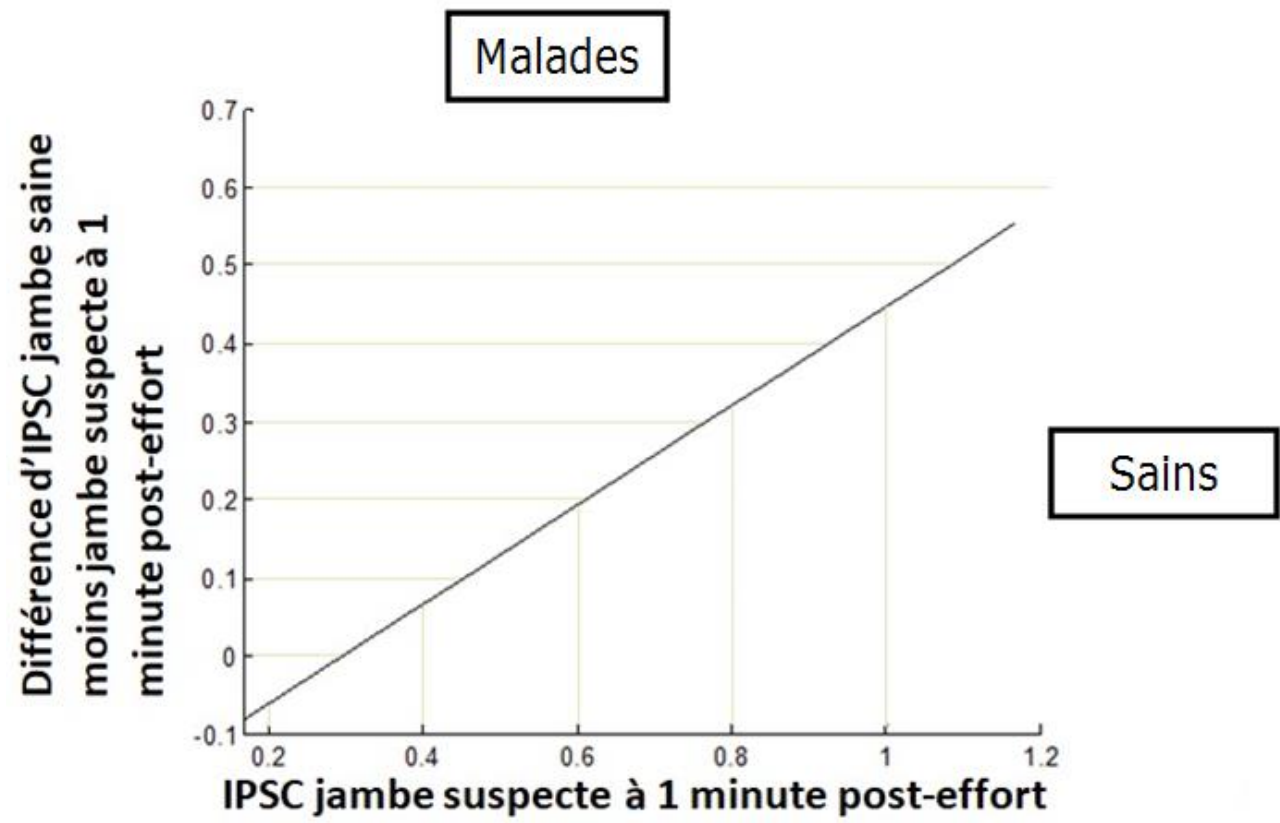
| | |
|---|----|
| Figure 1 Design de l'étude | 8 |
| Figure 2 Algorithme diagnostique de l'endofibrose artérielle à trois variables..... | 13 |
| Figure 3 Algorithme diagnostique de l'endofibrose artérielle à deux variables | 14 |
| Figure 4 Graphique exposant l'IPSC à 1 minute post-effort de la jambe suspecte et la différence d'IPSC de la jambe saine moins la jambe suspecte à 1 minute post-effort..... | 15 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 Présentation des différentes valeurs seuils diagnostiques de l'endofibrose artérielle avec des mesures réalisées à 1 minute post-effort | 6 |
| Tableau 2 Description de la population | 9 |
| Tableau 3 Comparaison des différents seuils diagnostiques des études de Schep et coll. ^[18, 19] , Taylor et coll. ^[22] , Abraham et coll. ^[3] , Chevalier et coll. ^[5] , Fernandez et coll. ^[7] | 10 |
| Tableau 4 Tableau comparatif de la sensibilité, spécificité, VPP, VPN et du taux d'erreur des seuils diagnostiques couplés de façon additionnelle (« et ») issus des études de Taylor et coll.[22], Schep et coll. [18, 19], Abraham et coll. [3], Fernandez et coll. [7], Chevalier et coll. [3] | 11 |
| Tableau 5 Tableau comparatif de la sensibilité, spécificité, VPP, VPN et du taux d'erreur des seuils diagnostiques couplés de façon relative (« ou ») issus des études de Taylor et coll.[22], Schep et coll. [18, 19], Abraham et coll. [3], Fernandez et coll. [7], Chevalier et coll. [3] | 12 |

TABLE DES MATIERES

- RESUME..... 2**
- 1. INTRODUCTION 3**
- 2. METHODES..... 5**
 - 2.1. Analyse des résultats.....7
- 3. RESULTATS 8**
 - 3.1. Population de l'étude8
- 4. DISCUSSION ET CONCLUSION..... 15**
 - 4.1. Discussion 15
 - 4.2. Limites de l'étude 18
 - 4.3. Conclusion 19
- BIBLIOGRAPHIE 20**
- LISTE DES FIGURES..... 23**
- LISTE DES TABLEAUX 24**
- TABLE DES MATIERES..... 25**
- ANNEXES.....I**



**MARTENS – Méthodes d'analyse des pressions ARTérielles pour le diagnostic des
ENdofibroseS : Quelles méthodes d'analyse de l'Index de Pression Systolique de
Cheville ?**

RÉSUMÉ

INTRODUCTION

L'endofibrose est une pathologie artérielle du sportif de haut niveau (retrouvée principalement chez le cycliste) touchant dans 95% des cas l'homme, âgé de 18 à 61 ans (âge moyen de 27 ans au diagnostic) sans facteurs de risque cardio-vasculaire. Du fait des difficultés à établir son diagnostic, l'endofibrose artérielle est une pathologie souvent diagnostiquée avec retard. Nous avons analysé, dans un but diagnostique, les données issues des mesures de la pression artérielle de cheville selon 8 différentes méthodes d'interprétation à ce jour proposées dans la littérature.

SUJETS ET METHODES

Dans cette étude rétrospective, multicentrique, 208 sujets (52 « cas » et 156 « témoins ») ont été inclus sur une période allant du 1^{er} janvier 2000 au 1^{er} janvier 2017 aux Centres Hospitalo-Universitaire d'Angers et de Lyon. Dans un premier temps, nous avons étudié les valeurs seuils diagnostiques des endofibroses retenues dans les études précédentes. Dans un deuxième temps, nous avons réalisé des couplages de ces différents seuils diagnostiques. Dans un troisième temps, nous avons élaboré puis simplifié un algorithme diagnostique basé sur les données de cette étude. Dans un quatrième temps, une analyse discriminante de l'algorithme simplifié a été construite.

RESULTATS

Les taux d'erreurs des seuils diagnostiques étaient tous de l'ordre de 10% sauf Schep et coll. et Fernandez et coll. plus élevés. La performance diagnostique des couplages additionnels (« et ») de Taylor et coll. associé à Fernandez et coll. ou Abraham et coll. ou Schep et coll. était bonne avec un taux d'erreur inférieur à 5%. Les couplages relatifs (« ou ») semblaient moins pertinents. L'algorithme initial rapportait un taux d'erreur diagnostique de 2,9 %. L'algorithme simplifié permettait le diagnostic avec un taux d'erreur de 3,9%. L'équation de l'analyse discriminante de cet algorithme simplifié rapportait un taux d'erreur de 3,4% avec une représentation graphique simple d'utilisation.

CONCLUSION

Il semblerait judicieux d'utiliser la représentation graphique de l'analyse discriminante de l'algorithme simplifié dans le but de diagnostiquer de manière simple, rapide et peu onéreuse l'endofibrose artérielle chez le cycliste entraîné. En cas de doute diagnostique, l'utilisation de l'algorithme simplifié pourrait apporter une précision complémentaire.

Mots-clés : endofibrose, IPSC, cycliste, diagnostic

**Comparison of methods for the diagnosis of exercise-induced arterial
endofibrosis**

ABSTRACT

Background.

To date, the diagnosis of exercise-induced arterial endofibrosis (EIAE) is based on the measurement of ankle and brachial blood pressure at rest and after maximal exercise. However, five different diagnosis methods are described in the literature.

Aims.

To compare the different available methods and combination of these, and propose a method based on graphical interpretation, for the diagnosis of EIAE.

Materials and Methods.

We studied 52 patients with EIAE and 156 asymptomatic controls recruited over a period of 17 years at the University Hospital Centers of Angers and Lyon. We evaluated the accuracy of existing thresholds for EIAE, and of combinations of these thresholds. Last, we propose a discriminant analysis, allowing an easy graphical interpretation of data.

Results.

Diagnosis accuracy for EIAE was at best 90.9 % when using pre-existing diagnostic thresholds alone. A combination of these thresholds increased the diagnostic accuracy up to 95.7 %. A discriminant analysis equation with a 96.6 % accuracy rate was inferred from a simplified algorithm.

Conclusions.

Our graphical representation for the analysis of the results of exercise arterial pressures at the arm and ankle provides an accurate, simple, fast and inexpensive manner of detecting EIAE in athletes.

Keywords : Ankle-brachial index; exercise-induced arterial endofibrosis; peripheral artery disease; exercise; diagnosis