

2023-2024

**THÈSE**

pour le

**DIPLOÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

**Qualification en DES de médecine vasculaire**

**Ischémie d'effort  
non limitante dans  
l'artériopathie oblitérante  
des membres inférieurs**

**GOUMARD Alexandre**

Né le 06 mai 1995 à Saint-Cyr-L'école (78)

Sous la direction de monsieur le professeur ABRAHAM Pierre

Membres du jury

Monsieur le professeur PICQUET Jean | Président

Monsieur le professeur ABRAHAM Pierre | Directeur

Madame le docteur GOURDIER Anne-Sophie | Membre

Monsieur le docteur DALIGAULT Mickael | Membre

Monsieur le docteur PERDREAU Geoffroy | Membre

Soutenue publiquement le :  
13 septembre 2024



# ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné Mr GOUAMRD Alexandre,  
déclare être pleinement conscient 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 le 09/08/2024

## SERMENT D'HIPPOCRATE

« Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrais pour les protéger si elles sont affaiblies, 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 et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque ».

## **LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTÉ DE SANTÉ D'ANGERS**

---

**Doyen de la Faculté : Pr Nicolas Lerolle**

**Vice-Doyen de la Faculté et directeur du département de pharmacie :**

Pr Sébastien Faure

**Directeur du département de médecine : Pr Cédric Annweiler**

### PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

ABRAHAM Pierre	PHYSIOLOGIE	Médecine
ANGOULVANT Cécile	MEDECINE GENERALE	Médecine
ANNWEILER Cédric	GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT	Médecine
ASFAR Pierre	REANIMATION	Médecine
AUBE Christophe	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE	Médecine
AUGUSTO Jean-François	NEPHROLOGIE	Médecine
BAUFRETON Christophe	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE	Médecine
BELLANGER William	MEDECINE GENERALE	Médecine
BELONCLE François	REANIMATION	Médecine
BENOIT Jean-Pierre	PHARMACOTECHNIE	Pharmacie
BIERE Loïc	CARDIOLOGIE	Médecine
BIGOT Pierre	UROLOGIE	Médecine
BONNEAU Dominique	GENETIQUE	Médecine
BOUCHARA Jean-Philippe	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE	Médecine
BOUET Pierre-Emmanuel	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE	Médecine
BOURSIER Jérôme	GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE	Médecine
BOUVARD Béatrice	RHUMATOLOGIE	
BRIET Marie	PHARMACOLOGIE	Médecine
CALES Paul	GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE	Médecine
CAMPONE Mario	CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE	Médecine
CAROLI-BOSC François-Xavier	GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE	Médecine
CASSEREAU Julien	NEUROLOGIE	Médecine
CLERE Nicolas	PHARMACOLOGIE / PHYSIOLOGIE	Pharmacie
CONNAN Laurent	MEDECINE GENERALE	Médecine
COPIN Marie-Christine	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES	Médecine
COUTANT Régis	PEDIATRIE	Médecine
CUSTAUD Marc-Antoine	PHYSIOLOGIE	Médecine
CRAUSTE-MANCIET Sylvie	PHARMACOTECHNIE HOSPITALIERE	Pharmacie
DE CASABIANCA Catherine	MEDECINE GENERALE	Médecine
DESCAMPS Philippe	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE	Médecine
D'ESCATHA Alexis	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL	Médecine
DINOMAIS Mickaël	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION	Médecine
DIQUET Bertrand	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE ; PHARMACOLOGIE CLINIQUE ; ADDICTOLOGIE	Médecine
DUBEE Vincent	MALADIES INFECTIEUSES ET TROPICALES	Médecine
DUCANCELLE Alexandra	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE	Médecine

DUVAL Olivier	CHIMIE THERAPEUTIQUE	Pharmacie
DUVERGER Philippe	PEDOPSYCHIATRIE	Médecine
EVEILLARD Mathieu	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE	Pharmacie
FAURE Sébastien	PHARMACOLOGIE PHYSIOLOGIE	Pharmacie
FOURNIER Henri-Dominique	ANATOMIE	Médecine
FOUQUET Olivier	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE	Médecine
FURBER Alain	CARDIOLOGIE	Médecine
GAGNADOUX Frédéric	PNEUMOLOGIE	Médecine
GOHIER Bénédicte	PSYCHIATRIE D'ADULTES	Médecine
GUARDIOLA Philippe	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
GUILET David	CHIMIE ANALYTIQUE	Pharmacie
HAMY Antoine	CHIRURGIE GENERALE	Médecine
HENNI Samir	MEDECINE VASCULAIRE	Médecine
HUNAULT-BERGER Mathilde	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
IFRAH Norbert	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
JEANNIN Pascale	IMMUNOLOGIE	Médecine
KEMPF Marie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE	Médecine
	HOSPITALIERE	
KUN-DARBOIS Daniel	CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE	Médecine
LACOEUILLE FRANCK	RADIOPHARMACIE	Pharmacie
LACCOURREYE Laurent	OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE	Médecine
LAGARCE Frédéric	BIPHARMACIE	Pharmacie
LANDREAU Anne	BOTANIQUE/ MYCOLOGIE	Pharmacie
LARCHER Gérald	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRES	Pharmacie
LASOCKI Sigismond	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION	Médecine
LEBDAI Souhil	UROLOGIE	Médecine
LEGENDRE Guillaume	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE	Médecine
LEGRAND Erick	RHUMATOLOGIE	Médecine
LERMITE Emilie	CHIRURGIE GENERALE	Médecine
LEROLLE Nicolas	REANIMATION	Médecine
LUNEL-FABIANI Françoise	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE	Médecine
	HOSPITALIERE	
LUQUE PAZ Damien	HEMATOLOGIE BIOLOGIQUE	Médecine
MARCHAIS Véronique	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE	Pharmacie
MARTIN Ludovic	DERMATO-VENEREOLOGIE	Médecine
	BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT ET	
MAY-PANLOUP Pascale	DE LA	Médecine
	REPRODUCTION	
MENEI Philippe	NEUROCHIRURGIE	Médecine
MERCAT Alain	REANIMATION	Médecine
PAPON Nicolas	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE	Pharmacie
PASSIRANI Catherine	CHIMIE GENERALE	Pharmacie
PELLIER Isabelle	PEDIATRIE	Médecine
PETIT Audrey	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL	Médecine
PICQUET Jean	CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE	Médecine
PODEVIN Guillaume	CHIRURGIE INFANTILE	Médecine
PROCACCIO Vincent	GENETIQUE	Médecine
PRUNIER Delphine	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
PRUNIER Fabrice	CARDIOLOGIE	Médecine
RAMOND-ROQUIN Aline	MEDECINE GENERALE	Médecine
REYNIER Pascal	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
RICHOMME Pascal	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie

RINEAU Emmanuel	ANESTHESIOLOGIE REANIMATION	Médecine
RIOU Jérémie	BIOSTATISTIQUES	Pharmacie
RODIEN Patrice	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES	Médecine
ROQUELAURE Yves	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL	Médecine
ROUGE-MAILLART Clotilde	MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE	Médecine
ROUSSEAU Audrey	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES	Médecine
ROUSSEAU Pascal	CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE	Médecine
ROUSSELET Marie-Christine	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES	Médecine
ROY Pierre-Marie	MEDECINE D'URGENCE	Médecine
SAULNIER Patrick	BIOPHYSIQUE ET BIOSTATISTIQUES	Pharmacie
SERAPHIN Denis	CHIMIE ORGANIQUE	Pharmacie
SCHMIDT Aline	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
TESSIER-CAZENEUVE Christine	MEDECINE GENERALE	Médecine
TRZEPIZUR Wojciech	PNEUMOLOGIE	Médecine
UGO Valérie	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
URBAN Thierry	PNEUMOLOGIE	Médecine
VAN BOGAERT Patrick	PEDIATRIE	Médecine
VENARA Aurélien	CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE	Médecine
VENIER-JULIENNE Marie-Claire	PHARMACOTECHNIE	Pharmacie
VERNY Christophe	NEUROLOGIE	Médecine
WILLOTEAUX Serge	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE	Médecine

### MAÎTRES DE CONFÉRENCES

AMMI Myriam	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE	Médecine
BAGLIN Isabelle	CHIMIE THERAPEUTIQUE	Pharmacie
BASTIAT Guillaume	BIOPHYSIQUE ET BIOSTATISTIQUES	Pharmacie
BEAUVILLAIN Céline	IMMUNOLOGIE	Médecine
BEGUE Cyril	MEDECINE GENERALE	Médecine
BELIZNA Cristina	MEDECINE INTERNE	Médecine
BENOIT Jacqueline	PHARMACOLOGIE	Pharmacie
BESSAGUET Flavien	PHYSIOLOGIE PHARMACOLOGIE	Pharmacie
BERNARD Florian	ANATOMIE ; discipline hospit : NEUROCHIRURGIE	Médecine
BLANCHET Odile	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
BOISARD Séverine	CHIMIE ANALYTIQUE	Pharmacie
BRIET Claire	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES	Médecine
BRIS Céline	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Pharmacie
CANIVET Clémence	GASTROENTEROLOGIE-HEPATOLOGIE	Médecine
CAPITAIN Olivier	CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE	Médecine
CHAO DE LA BARCA Juan-Manuel	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
CHEVALIER Sylvie	BIOLOGIE CELLULAIRE	Médecine
CHOPIN Matthieu	MEDECINE GENERALE	Médecine
CODRON Philippe	NEUROLOGIE	Médecine

COLIN Estelle	GENETIQUE	Médecine
DEMAS Josselin	SCIENCES DE LA READAPTATION	Médecine
DERBRE Séverine	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie
DESHAYES Caroline	BACTERIOLOGIE VIROLOGIE	Pharmacie
DOUILLET Delphine	MEDECINE D'URGENCE	Médecine
FERRE Marc	BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
FORTRET Jacques-Olivier	PHYSIOLOGIE	Médecine
GHALI Maria	MEDECINE GENERALE	Médecine
GUELFF Jessica	MEDECINE GENERALE	Médecine
HAMEL Jean-François	BIOSTATISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE	Médicale
HELESBEUX Jean-Jacques	CHIMIE ORGANIQUE	Pharmacie
HERIVIAUX Anaïs	BIOTECHNOLOGIE	Pharmacie
HINDRE François	BIOPHYSIQUE	Médecine
JOUSSET-THULLIER Nathalie	MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE	Médecine
JUDALET-ILLAND Ghislaine	MEDECINE GENERALE	Médecine
KHIATI Salim	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
LEGEAY Samuel	PHARMACOCINETIQUE	Pharmacie
LEMEE Jean-Michel	NEUROCHIRURGIE	Médecine
LE RAY-RICHOMME Anne-Marie	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie
LEPELTIER Elise	CHIMIE GENERALE	Pharmacie
LETOURNEL Franck	BIOLOGIE CELLULAIRE	Médecine
LIBOUBAN Hélène	HISTOLOGIE	Médecine
MABILLEAU Guillaume	HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE	Médecine
MALLET Sabine	CHIMIE ANALYTIQUE	Pharmacie
MAROT Agnès	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE	Pharmacie
MESLIER Nicole	PHYSIOLOGIE	Médecine
MIOT Charline	IMMUNOLOGIE	Médecine
MOUILLIE Jean-Marc	PHILOSOPHIE	Médecine
NAIL BILLAUD Sandrine	IMMUNOLOGIE	Pharmacie
PAILHORIES Hélène	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE	Médecine
PAPON Xavier	ANATOMIE	Médecine
PASCO-PAPON Anne	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE	Médecine
PECH Brigitte	PHARMACOTECHNIE	Pharmacie
PENCHAUD Anne-Laurence	SOCIOLOGIE	Médecine
PIHET Marc	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE	Médecine
POIROUX Laurent	SCIENCES INFIRMIERES	Médecine
PY Thibaut	MEDECINE GENERALE	Médecine
RIOU Jérémie	BIOSTATISTIQUES	Pharmacie
RIQUIN Elise	PEDOPSYCHIATRIE ; ADDICTOLOGIE	Médecine
RONY Louis	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE	Médecine
ROGER Emilie	PHARMACOTECHNIE	Pharmacie
SAVARY Camille	PHARMACOLOGIE-TOXICOLOGIE	Pharmacie
SCHMITT Françoise	CHIRURGIE INFANTILE	Médecine
SCHINKOWITZ Andréas	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie
SPIESSER-ROBELET Laurence	PHARMACIE CLINIQUE ET EDUCATION THERAPEUTIQUE	Pharmacie
TEXIER-LEGENDRE Gaëlle	MEDECINE GENERALE	Médecine
VIAULT Guillaume	CHIMIE ORGANIQUE	Pharmacie

## AUTRES ENSEIGNANTS

<b>PRCE</b>		
AUTRET Erwan	ANGLAIS	Santé
BARBEROUSSE Michel	INFORMATIQUE	Santé
COYNE Ashley-Rose	ANGLAIS	Santé
O'SULLIVAN Kayleigh	ANGLAIS	Santé
RIVEAU Hélène	ANGLAIS	
<b>PAST/MAST</b>		
BEAUVAIS Vincent	OFFICINE	Pharmacie
BRAUD Cathie	OFFICINE	Pharmacie
DILÉ Nathalie	OFFICINE	Pharmacie
GUILLET Anne-Françoise	PHARMACIE DEUST PREPARATEUR	Pharmacie
MOAL Frédéric	PHARMACIE CLINIQUE	Pharmacie
CHAMPAGNE Romain	MEDECINE PHYSIQUE ET READAPTATION	Médecine
GUITTON Christophe	MEDECINE INTENSIVE-REANIMATION	Médecine
KAASSIS Mehdi	GASTRO-ENTEROLOGIE	Médecine
LAVIGNE Christian	MEDECINE INTERNE	Médecine
PICCOLI Giorgia	NEPHROLOGIE	Médecine
POMMIER Pascal	CANCEROLOGIE-RADIOTHERAPIE	Médecine
SAVARY Dominique	MEDECINE D'URGENCE	Médecine
<b>PLP</b>		
CHIKH Yamina	ECONOMIE-GESTION	Médecine

# REMERCIEMENTS

Je remercie très sincèrement,

Monsieur le professeur, Pierre ABRAHAM, directeur de thèse :

Je vous remercie d'avoir accepté de diriger mon travail de thèse.

Je vous remercie pour la transmission de votre vision passionnante de la recherche mais également pour vos conseils éclairés.

Monsieur le professeur, Jean PICQUET, président du jury :

Je vous remercie d'avoir accepté de présider mon jury de thèse, mais également pour votre accueil au sein de votre service de chirurgie vasculaire. J'ai pu grâce à ce semestre, acquérir une rigueur et une organisation de travail qui me seront grandement utiles dans ma pratique future.

Merci de m'avoir transmis votre vision et vos connaissances chirurgicales.

Je vous remercie également pour la confiance que vous avez pu avoir à mon égard.

Madame le docteur, Anne-Sophie GOURDIER :

Je te remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Merci pour tout ce que tu auras pu m'enseigner, pour ta bienveillance et ton écoute tout au long de ces trois années. Je te remercie pour la confiance que tu peux me porter ainsi que des prises de position que tu auras pu prendre dans mon intérêt.

Merci pour tous les bons moments passés tant dans le service qu'en dehors.

Monsieur le docteur, Mickael DALIGAULT :

Je te remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Merci pour ta gentillesse, ta bonne humeur et ton humour qui m'auront permis de supporter avec plus de facilité ce semestre de chirurgie.

Je te remercie pour ta confiance (ou ta folie) de m'avoir laissé la main sur certaines de tes interventions. Merci également pour la qualité et la pertinence des vidéos et photos que tu peux me transmettre par message.

Monsieur le docteur, Geoffroy PERDREAU :

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Merci pour votre accueil chaleureux au sein de votre cabinet, de votre gentillesse et de votre générosité.

J'ai pu découvrir à vos côtés une vision de la médecine libérale qui m'était alors encore inconnue. Je vous remercie pour la transmission de vos connaissances et l'implication que vous avez portée à ma formation. Je garde précieusement vos conseils avisés qui me seront d'une grande utilité dans ma pratique future.

Je vous remercie de la confiance que vous avez pu et que vous continuez de me porter.

À l'ensemble de l'équipe du service de médecine vasculaire du CHU d'Angers :

Merci pour votre accueil, l'environnement propice à mon développement professionnel et à tous les bons moments partagés à vos côtés.

Merci à Muriel, Pauline et au Dr Jacques Olivier FORTRAT pour votre gentillesse et votre implication dans ma formation.

Merci au Dr Jeanne HERCANT pour sa disponibilité et son implication depuis le début de mon internat. Merci également pour les nombreuses relectures et modifications de mon mémoire de thèse malgré la distance et le décalage horaire.

# REMERCIEMENTS

Je remercie très sincèrement,

L'ensemble de mes co-internes Margaux, Victoire, Quentin, Simon, Gabriel, Gaspard, Eva, Julie et Yann (oui je sais, vous n'êtes plus internes pour certaines) de médecine vasculaire pour ces années partagées à vos côtés, et plus particulièrement pour les bons moments en dehors du boulot, lors des séminaires ou des parties de baby-foot. Mentions spéciales pour Gabriel je te remercie pour ton aide précieuse à la réalisation de l'analyse statistique de ma thèse et pour Margaux ma première co-interne, merci pour ton soutien, ta gentillesse et ta patience depuis le début.

Merci à Pierre et Antoine pour ce semestre de cardiologie si particulier, vous êtes les boss et jamais je n'aurais pu rêver d'une meilleure équipe pour supporter tous ces sacs de noeuds...

Merci à l'ensemble des belles personnes rencontrées durant le semestre au Mans, je garde d'excellents souvenirs de nos moments à l'internat. Merci également aux copains de la coloc de l'enfer, qu'on aura clairement bien rentabilisée.

Merci à l'ensemble du service de chirurgie vasculaire pour votre accueil et votre aide durant ces 6 mois de stage qui auront été très enrichissants.

Merci à Matthew, maître Dams (n'oublie pas que t'es le meilleur mec) et Camille pour votre entraide et votre bonne humeur durant ce semestre où j'ai pu pendant quelques mois faire semblant d'être chirurgien.

Merci à mon groupe d'externe avec qui je garde d'excellents souvenirs de nos soirées, vacances et qui m'auront été d'un grand soutien durant ces premières années de médecine.

Merci particulièrement à toi Quentin, pour ta présence, ta positivité et ta générosité depuis toutes ces années.

Un grand merci au groupe des gens cools qui me supporte depuis le Lycée. Merci pour votre patience et votre compréhension pendant mes études pas toujours faciles. Merci également pour votre optimisme, votre soutien depuis toutes ces années et votre amitié infaillible.

Merci à Raymonde, Christelle et Soline pour votre accueil, votre gentillesse et vos encouragements durant ces trois années d'internat.

Merci à mes parents sans qui je ne serais pas arrivé jusqu'ici. Merci de m'avoir toujours soutenu et motivé durant toutes ces années. Je vous remercie pour les nombreuses concessions que vous avez réalisées afin de me permettre de réussir. Je suis conscient de vous devoir énormément.

Merci à mon frère de me pousser à toujours me dépasser, tu es un exemple de réussite et une source de motivation pour moi.

Enfin, merci à ma Sephora pour la personne que tu es. Merci d'être au quotidien à mes côtés, de m'épauler, de croire en moi et de me soutenir malgré les épreuves. Ta présence et ton amour m'ont permis de grandir et de réussir. U blublu !

## Liste des abréviations

AOMI	Artériopathie oblitérante des membres inférieurs
ARA II	Antagoniste des récepteurs de l'angiotensine II
ATCD	Antécédent
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive
BPM	Battement par minute
CV	Cardiovasculaire
DROP	Decrease from Rest of Oxygen Pressure
FC	Fréquence cardiaque
HTA	Hypertension artérielle
IEC	Inhibiteur de l'enzyme de conversion
IMC	Index de masse corporelle
IPSc	Index de pression systolique de cheville
TcPO2	Transcutaneous oxygen pressure
WELCH	Walking Estimated Limitation Calculated by History

## **Plan**

### **SERMENT D'HIPPOCRATE**

### **INTRODUCTION**

### **MÉTHODES**

- 1. Contexte**
- 2. Ethique**
- 3. Collecte des données**
- 4. TcPO2 d'effort**
- 5. Analyses statistiques**

### **RÉSULTATS**

- 1. Sélection des participants**
- 2. Caractéristiques de la population**
- 3. Traitements pharmacologiques**
- 4. Analyse en sous groupe**
  - 4.1. Répartition de leurs caractéristiques
  - 4.2. Facteurs de risque et antécédents médicaux
  - 4.3. Localisations des douleurs
  - 4.4. Score WELCH
- 5. Régression logistique binomiale**
- 6. TcPO2 d'effort**

### **DISCUSSION**

### **CONCLUSION**

### **BIBLIOGRAPHIE**

### **LISTE DES FIGURES**

### **LISTE DES TABLEAUX**

### **TABLE DES MATIERES**

## **INTRODUCTION**

L'artériopathie oblitérante des membres inférieurs (AOMI) est un défi majeur de santé publique actuel, avec une prévalence croissante, qui aurait augmenté de 25% entre 2000 et 2010 (1). Rare avant 50 ans, elle est estimée à 20% après 80 ans dans un contexte de vieillissement de la population et d'augmentation des facteurs de risque cardiovasculaire. Cette pathologie génère un impact significatif sur la qualité de vie avec une mortalité estimée de 10-15% à 5 ans chez les patients au stade d'ischémie d'effort (1).

L'AOMI est définie comme une oblitération athéromateuse partielle ou totale des artères des membres inférieurs, asymptomatique dans 50% des cas, mais qui peut aussi avoir un retentissement clinique, allant de l'ischémie d'effort chez environ 45% des patients jusqu'à l'ischémie permanente chronique (ischémie de repos et/ou troubles trophiques) chez 5% des patients (2).

La claudication intermittente, traduction clinique du stade d'ischémie d'effort, résulte d'une inadéquation entre la perfusion sanguine et la demande métabolique musculaire pendant l'effort. La claudication intermittente est définie comme une douleur ou un inconfort aux membres inférieurs (classiquement au mollet pouvant néanmoins toucher la cuisse ou la fesse) apparaissant et s'aggravant au cours de l'effort sans tendance à la régression, obligeant l'arrêt de l'effort et disparaissant en moins de 10 minutes au repos (3). En France, le dépistage de l'AOMI s'effectue principalement par la mesure de l'index de pression systolique de cheville (IPSc). Une valeur d'IPSc <0.90 permet de poser le diagnostic d'AOMI(4).

L'AOMI est une pathologie connue et largement décrite dans la littérature, comme nous avons pu le constater lors d'une recherche ciblée sur pubmed avec les mots clés suivants : « ("distance" OR "Walking distance" OR "maximal walking distance" OR "mwd") and ("lower

"extremity artery disease" OR "lower extremity artery disease" OR "peripheral artery disease" OR "Peripheral arterial disease") and (claudication) » ayant permis de trouver plus de 700 articles correspondants. L'ischémie d'effort peut être caractérisée comme limitante (obligeant le patient à arrêter son effort de marche) ou à l'inverse comme non limitante (présence d'une ischémie n'ayant pas d'impact sur la durée de l'effort). Contrairement à sa forme limitante, l'ischémie d'effort non limitante est très peu décrite dans la littérature. La recherche avec la série de mot-clés suivante : « ("non-limiting" OR "non limiting" OR "pain/carry on" OR "no limitation" OR "walk through" OR "carry on") and ("lower extremity artery disease" OR "claudication" OR "peripheral artery disease" OR "Peripheral arterial disease") and ("walking impairment" OR "walking distance") » nous le confirme avec moins d'une dizaine d'articles correspondants.

E. Schorr est une des premières à s'être questionnée sur cette entité et sur les facteurs prédisposant certains individus à poursuivre leur effort de marche malgré une saturation musculaire en oxygène extrêmement faible. Cependant, les raisons de ce mécanisme restent toujours mal établies (5).

Ce travail de recherche bibliographique a révélé que les tests d'effort sur tapis roulant chez les patients atteints d'AOMI sont généralement réalisés selon deux grands protocoles distincts :

- Un test d'incrémentation progressif avec accélération de la vitesse de défilement du tapis dit triangulaire (6). Test qui ne permet pas, par définition, de repérer les patients illimités.
- Un test à charge constante avec une vitesse de défilement du tapis fixe dit rectangulaire.

Test qui présente l'avantage de se rapprocher des conditions de marche du quotidien (7).

Cependant, dans les études, les patients en capacité de compléter ce type de test de marche n'étaient pas ou peu représentés. En effet, ils sont souvent exclus ou étudiés avec ceux n'ayant pas terminé le test lors de l'analyse statistique.

Cette sous-classe de patients correspondra à notre population d'intérêt pour mon travail de thèse.

M. McDermott et al. (8) ont caractérisé ce groupe de patients en employant le terme « walking through the pain » pour décrire leur symptomatologie. Ils ont constaté que leurs performances fonctionnelles (test de marche de six minutes, distance maximale de marche et temps de marche sur quatre mètres) étaient supérieures à celles des patients présentant une claudication intermittente classique. Cependant, il s'agit là de la seule caractérisation précise de cette population retrouvée dans la littérature.

C'est pourquoi, nous avons décidé d'analyser cette population de patients atteints d'AOMI (IPSc pathologique <0.90) et décrivant une ischémie d'effort non limitante. À la différence de M. McDermott, la présence de l'ischémie sera objectivée lors d'un test de TcPO<sub>2</sub> d'effort grâce au DROP (Decrease from Rest of Oxygen Pressure) avec un seuil <-15mmHg afin de s'assurer que la douleur ressentie par le patient lors de la marche soit bien d'origine vasculaire (9). Pour ce faire, l'examen de TcPO<sub>2</sub> d'effort sera réalisé selon un protocole biphasique (rectangulaire puis triangulaire) afin de reproduire les conditions de marche du quotidien et de garder une bonne reproductibilité.

Notre travail vise à explorer les caractéristiques, les facteurs de risque et les implications cliniques des patients présentant une ischémie d'effort non limitante dans l'AOMI.

# MÉTHODES

## 1. Contexte

Ce travail repose sur une étude rétrospective, monocentrique, menée au sein du service de médecine vasculaire du CHU d'Angers, portant sur l'analyse de la base de données de TcPO2 d'effort, sur une période de 10 ans, du 1er juillet 2013 au 1er juillet 2023.

## 2. Ethique

Cette étude a été menée avec l'approbation du comité d'éthique du CHU d'Angers, enregistrée sous le numéro 2024-073. Toutes les données ont été traitées de manière confidentielle et anonyme et l'accord des participants pour exploiter leurs données a été obtenu le jour de l'examen.

## 3. Collecte des données

À leur arrivée dans le service, les patients ont été soumis à un auto-questionnaire exhaustif permettant de recueillir : le sexe, l'âge, la taille, le poids, les antécédents médicaux et chirurgicaux, les traitements en cours, l'existence d'un tabagisme actif, ainsi que des données cliniques recueillies par l'intermédiaire du questionnaire d'Édimbourg et du score de WELCH. Des mesures hémodynamiques ont été relevées le jour de l'examen, telles que la fréquence cardiaque de repos ou encore la pression artérielle de repos ainsi que le temps nécessaire pour parcourir 10 mètres sur terrain plat.

L'IPSc était mesurée le jour de l'examen si aucune valeur de référence de moins de trois mois n'était disponible. L'IPSc était mesuré à chaque jambe comme le rapport de la pression artérielle systolique à la cheville la plus élevée entre l'artère tibiale postérieure et l'artère pédieuse, divisé par la pression artérielle systolique brachiale la plus élevée.

#### **4. TcPO2 d'effort**

Les participants ont bénéficié d'une TcPO2 d'effort, conformément au protocole standardisé du CHU d'Angers. Ce test consiste en une procédure bimodale, avec une première phase à charge constante (rectangulaire) d'une durée de 15 min à 3.2 km/h et une pente de 10% (de type strandness), suivie d'une phase d'incrémentation progressive (triangulaire) avec une accélération de 1 km/h et une augmentation de 2% de la pente par période de trois minutes. Pendant l'effort, des paramètres hémodynamiques tels que la fréquence cardiaque, la saturation en oxygène ont été enregistrés et un monitoring cardiaque a été utilisé durant l'intégralité de l'épreuve.

La perfusion périphérique a été évaluée à l'aide de la technique TcPO2. Pour cela, huit sondes chauffées à 44.5°C ont été utilisées (appareil PF5010, Perimed, Stockholm, Suède). L'analyse a été réalisée grâce au programme AcqTcPO2 permettant le calcul automatique de la diminution de la pression en oxygène (DROP) à partir des valeurs absolues Ex-TcPO2 (10) pour les régions suivantes : fesses, cuisses et mollets de façon bilatérale en utilisant la sonde thoracique droite comme référence. La sonde thoracique gauche a été utilisée pour le calcul des DROP en cas de déconnexion de la sonde thoracique droite, de thoracotomie droite, lobectomie droite ou en cas de sténose serrée ou d'occlusion de l'artère sous-clavière droite. L'indice DROP correspond aux modifications d'oxygénéation à l'effort des membres inférieurs par rapport au repos, moins les modifications d'oxygénéation thoracique à l'effort par rapport au repos. Après une période de préchauffage d'au moins 15 minutes, les valeurs DROP des deux fesses, des deux cuisses, des deux mollets et du thorax ont été enregistrées pendant deux minutes au repos puis tout au long de l'effort ainsi que durant les 10 minutes de récupération post-effort. Une valeur minimale de  $\text{DROP} < -15\text{mmHg}$  pendant ou après le test de marche a été utilisée pour définir la présence d'une ischémie (9).

## **5. Analyses statistiques**

Afin de répondre à notre objectif principal, nous avons défini notre population d'intérêt comme l'ensemble des patients ayant un IPSc <0.90 et un DROP <-15mmHg lors du test de TcPO2 d'effort. Nous avons ensuite décidé qu'un patient pouvait être considéré comme illimité s'il parvenait à compléter sans s'arrêter de marcher la première phase du test de TcPO2 d'effort à vitesse constante d'une durée de 15 minutes.

Sur le plan statistique, les analyses descriptives ont tout d'abord été réalisées sur la population d'intérêt puis secondairement en fonction du caractère limitant ou non de leur ischémie. Les données quantitatives sont décrites à l'aide de moyennes et d'écart-types et les données qualitatives à l'aide de pourcentages ainsi que d'effectifs.

Les données quantitatives ont été comparées à l'aide d'un test de Student et les données qualitatives à l'aide de tests de Chi-deux.

Les facteurs impactant la durée de marche de nos patients ont été analysés par régression logistique binomiale.

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide des logiciels The Jamovi Project 2024 version 2.5 et Microsoft ® Office Excel 2010.

# RÉSULTATS

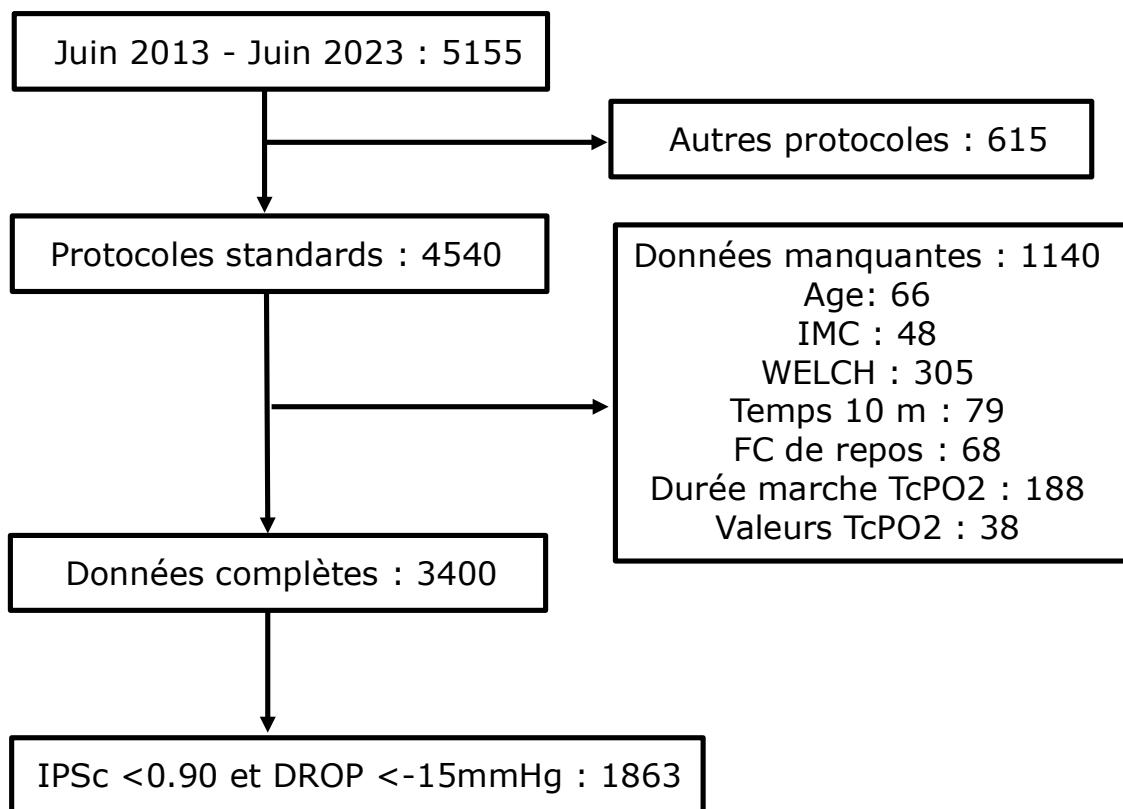
## 1. Sélection des participants

L'ensemble des participants adressés dans le service des explorations fonctionnelles et vasculaires du CHU d'Angers pour la réalisation d'une TcPO<sub>2</sub> d'effort durant notre période d'étude ont été inclus, soit un total de 5155 patients.

La sélection des patients est décrite en Figure 1.

Parmi eux, 1754 ont été exclus de l'analyse finale. En effet, 615 patients avaient réalisé un protocole autre que le protocole standardisé décrit ci-dessus et 1140 patients présentaient une base de données incomplète.

Notre base de données complète comprend donc un total de 3400 patients, parmi lesquels nous avons conservé uniquement les patients présentant un IPS<sub>c</sub> <0.90 associé à un DROP <-15mmHg au test de TcPO<sub>2</sub> d'effort, soit un total de 1863 patients.



**Figure 1** - Sélection des patients

## 2. Caractéristiques de la population

Notre population d'intérêt ( $N=1863$ ), composée uniquement des patients avec un IIPSc <0.90 et un DROP positif <-15mmHg à la TcPO2 d'effort, présente une prédominance de patients de sexe masculin, âgés en moyenne de 64 ans, en surpoids, hypertendus, non tabagiques et qui présentent une ischémie d'effort limitante pour 78% d'entre eux.

Le tableau I regroupe l'ensemble des caractéristiques cliniques de ces patients.

**Tableau I** – Caractéristiques de la population d'intérêt

<b>Population</b>	
Nombre d'observations	1863
Sexe - Homme (%)	1562 (83.8)
Age (ans)	64.7 (10.1)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27 (4.9)
FC repos (bpm)	81 (16)
Tabac (%)	620 (33.3)
HTA (%)	1323 (71)
Diabète (%)	523 (28.1)
Traitements optimal <sup>1</sup> (%)	1016 (54.5)
Illimité <sup>2</sup> (%)	423 (22.7)
DROP <-15mmHg (%)	1863 (100)
Temps sur 10 m (sec)	9 (2)
WELCH	25 (19)
IPSc	0.66 (0.14)

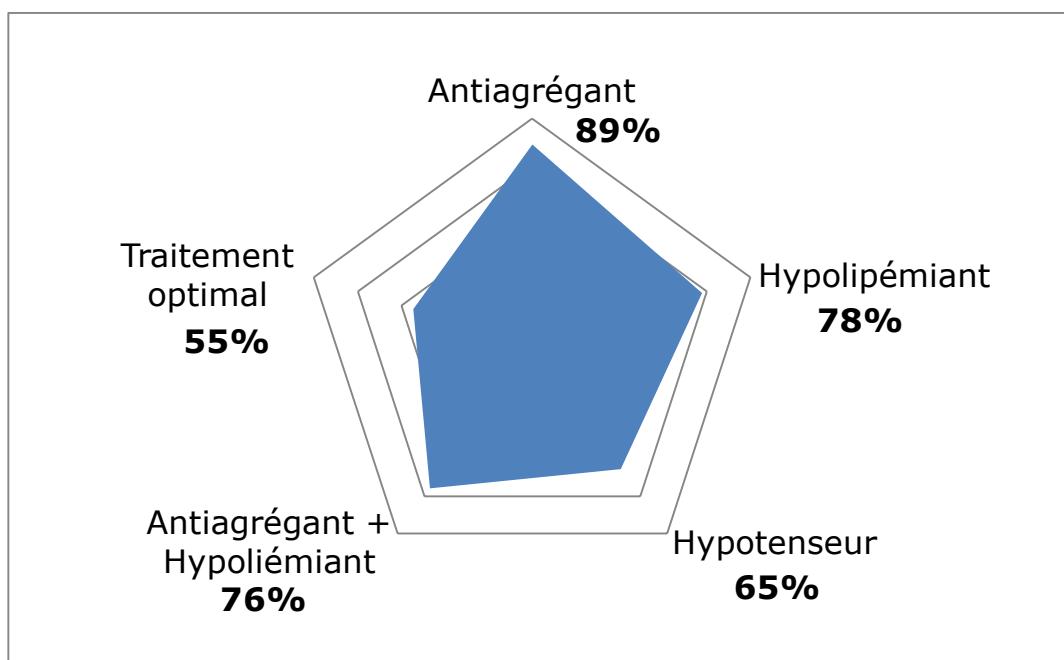
<sup>1</sup> Le traitement est considéré comme optimal s'il associe un antiagrégant plaquettaire à un hypolipémiant à un IEC ou ARA2 sur l'ordonnance apporté lors de l'examen.

<sup>2</sup> Un patient est considéré comme illimité s'il parvient à compléter 15 minutes de marche en TcPO<sub>2</sub> d'effort sans s'arrêter.

### 3. Traitements pharmacologiques

Nous retrouvons chez 75% de nos patients la prescription d'un antiagrégant plaquettaire associé à un hypolipémiant. En revanche, le traitement médical optimal de l'AOMI composé d'un antiagrégant plaquettaire associé à un hypolipémiant et à un IEC ou ARA2 n'est retrouvé que chez la moitié de nos patients.

La figure 2 illustre la répartition des thérapeutiques médicamenteuses de notre population d'intérêt.



**Figure 2** - Répartition des thérapeutiques médicamenteuses

## 4. Analyse en sous groupe

### 4.1. Répartition de leurs caractéristiques

Le test de Student réalisé pour étudier la significativité de nos valeurs continues retrouve un  $p < 0.05$  pour l'ensemble de ces dernières.

Notre population de patients atteints d'ischémie d'effort non limitante est essentiellement composée de patients plus jeunes, présentant des IMC plus faibles, des fréquences cardiaques de repos plus faibles, des temps de marche sur 10 mètres plus faibles, des IPSc plus élevées et des scores WELCH plus élevés que la population de patients atteints d'ischémies d'efforts limitantes.

Le tableau II regroupe l'ensemble des caractéristiques par sous-groupes en fonction du critère limitant ou non de leur ischémie.

**Tableau II** – Répartition en fonction du caractère limitant ou non de l'ischémie

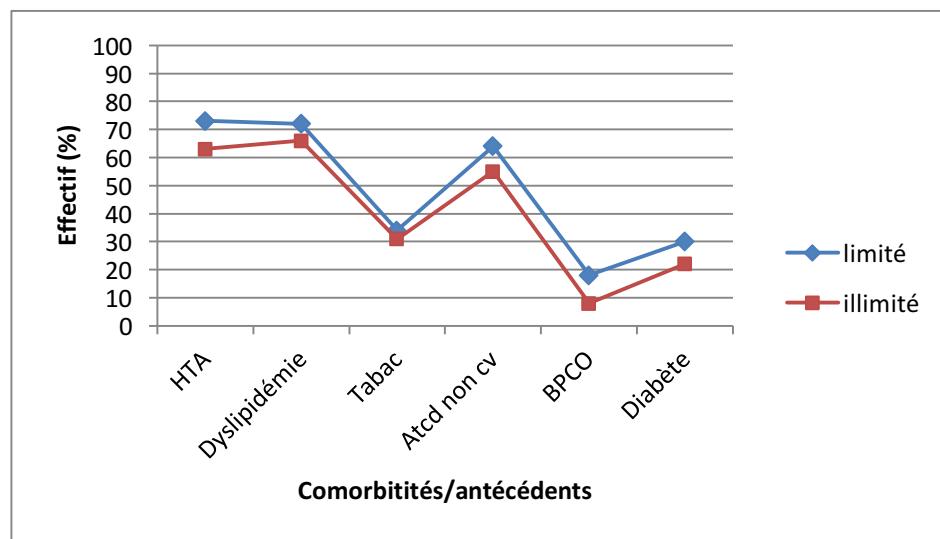
	<b>Illimités</b>	<b>Limités</b>	<b>p</b>
Nombre de sujets (%)	423 (22.7)	1440 (77.3)	
Sexe - Homme (%)	366 (86.5)	1195 (82.9)	>0.05
Age (ans)	62.4 (10.7)	65.3 (9.8)	<b>&lt;.001</b>
IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	25.6 (3.8)	27.4 (5.1)	<b>&lt;.001</b>
Temps sur 10 m (sec)	9 (2)	10 (2)	<b>&lt;.001</b>
WELCH	38 (22)	21 (16)	<b>&lt;.001</b>
IPSc	0.69 (0.14)	0.65 (0.14)	<b>&lt;.001</b>
FC repos (bpm)	79 (15)	81 (16)	<b>0.023</b>

## 4.2. Facteurs de risque et antécédents médicaux

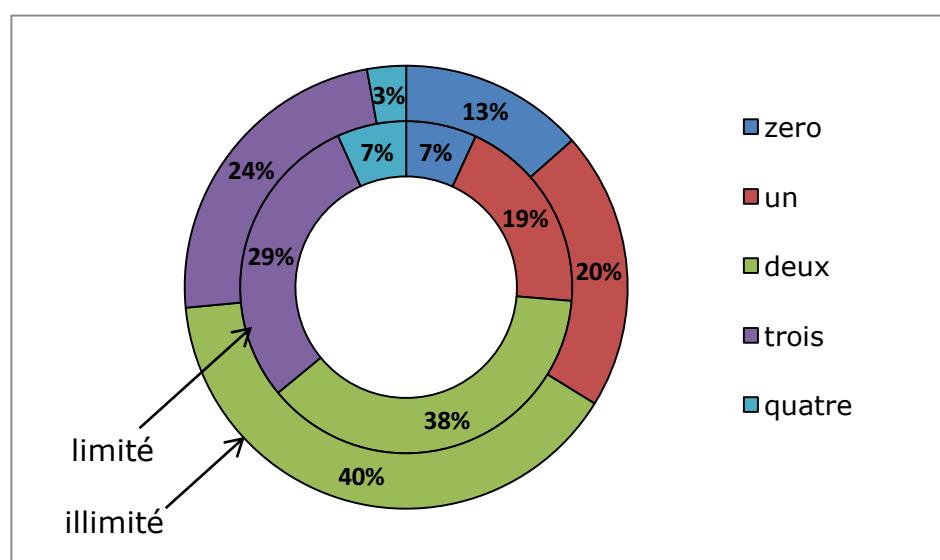
Nous retrouvons une répartition relativement symétrique des antécédents médicaux et des comorbidités dans nos deux groupes, comme illustrée dans la figure 3.

Nous constatons à l'aide de la figure 4 que la majorité de nos patients, tant dans le groupe limité que illimité, sont concernés par au moins deux facteurs de risque cardiovasculaire.

Les facteurs de risque cardiovasculaire que nous avons retenus sont : l'HTA, le diabète, la dyslipidémie, le tabagisme actif.



**Figure 3** - Antécédents médicaux

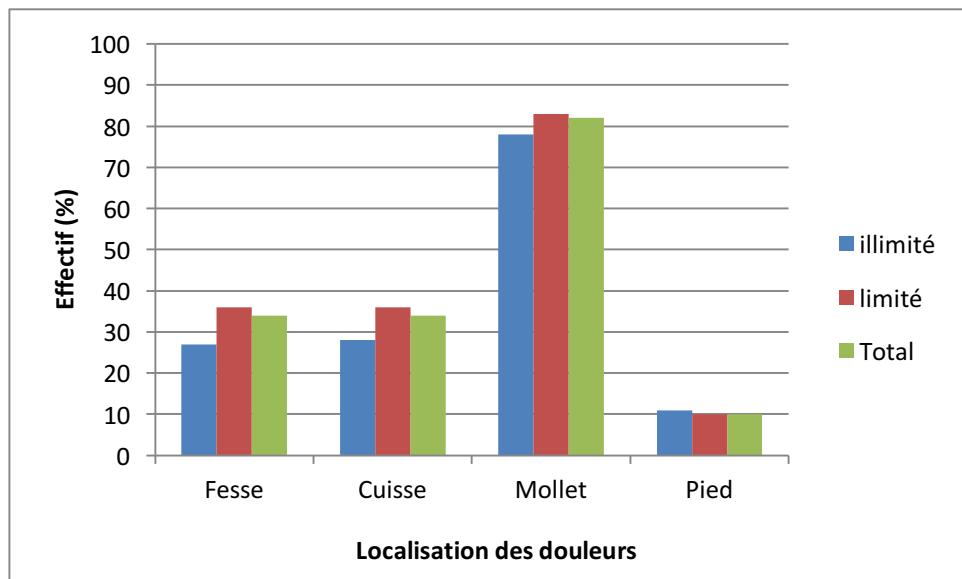


**Figure 4** - Facteurs de risque cardiovasculaire

#### 4.3. Localisations des douleurs

Les patients de notre population consultaient essentiellement pour des douleurs d'effort décrites au niveau du mollet pour 82% des patients (dont 42% de façon bilatérale), de la fesse pour 34% des patients (dont 18% de façon bilatérale), de la cuisse pour 34% des patients (dont 15% de façon bilatérale) et du pied pour 10% des patients (dont 5% de façon bilatérale).

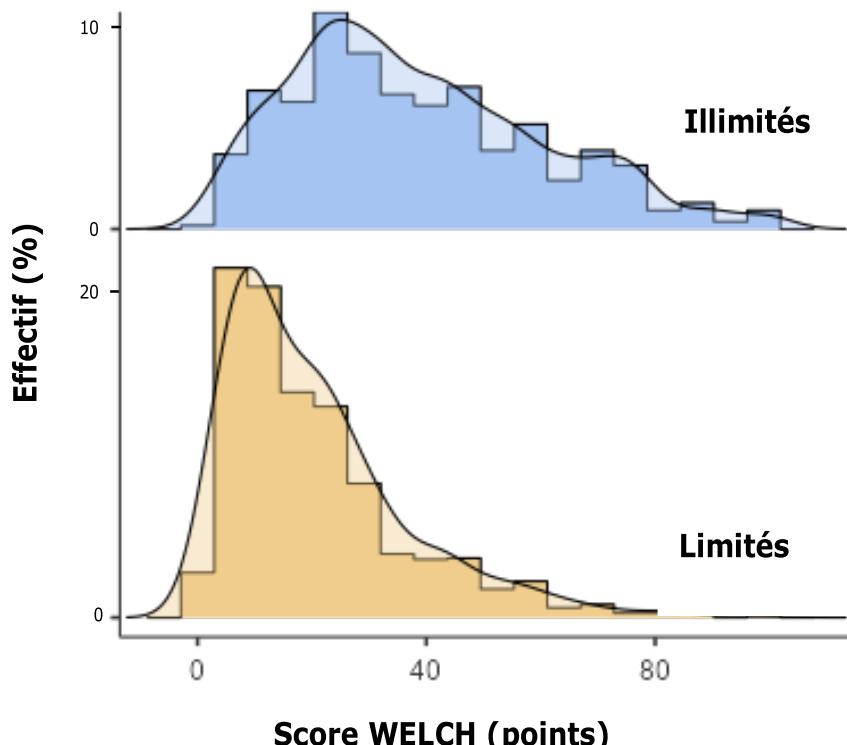
La figure 5 illustre la répartition des localisations des douleurs d'effort décrise par les patients.



**Figure 5** - Répartition des douleurs déclarées

#### 4.4. Score WELCH

L'analyse de la répartition des scores WELCH dans notre population met en évidence deux répartitions distinctes. La première, celle du groupe illimité, s'apparente à une distribution gaussienne avec une moyenne de 38 ( $\pm 22$ ). La seconde, celle du groupe limité, s'apparente à une distribution log-normale avec une moyenne de 21 ( $\pm 16$ ).



**Figure 6** - Répartition des scores WELCH

## 5. Régression logistique binomiale

À l'aide d'une régression logistique binomiale illustrée dans le tableau III, nous avons pu montrer que l'IMC, l'âge, les bêtabloquants, la BPCO, le tabagisme actif, les douleurs de fesses et de mollets étaient des facteurs limitants statistiquement significatifs chez nos patients. En revanche, un score de WELCH élevé, un temps de marche faible sur 10 mètres, une fréquence cardiaque de repos basse, étaient des facteurs associés à la possibilité de poursuivre la marche malgré la présence d'une ischémie d'effort.

Les autres caractéristiques testées au cours de cette régression logistique binomiale n'étaient pas statistiquement significatives.

**Tableau III** – Régression logistique binomiale

Prédicteur	Estimation	Erreur standard	z	p
CARACTERISTIQUES PATIENTS				
IMC	-0.060	0.015	-3.928	< .001
Age	-0.027	0.007	-3.899	< .001
Temps 10m	-0.157	0.047	-3.337	< .001
WELCH	0.037	0.003	10.891	< .001
FC repos	-0.012	0.005	-2.562	<b>0.010</b>
IPSc	0.812	0.471	1.724	0.085
TRAITEMENTS				
Béta bloquant	-0.306	0.155	-1.977	<b>0.048</b>
Hypolipémiant	0.108	0.499	0.217	0.828
Hypotenseur	0.224	0.301	0.745	0.456
Anticoagulant	-0.339	0.304	-1.115	0.265
Traitements optimal	-0.050	0.310	-0.161	0.872
ANTECEDENTS				
BPCO	-0.669	0.214	-3.116	<b>0.002</b>
Tabac	-0.287	0.145	-1.970	<b>0.049</b>
Diabète	-0.034	0.155	-0.218	0.828
HTA	-0.154	0.195	-0.788	0.431
Dyslipidémie	-0.068	0.170	-0.401	0.688
ATCD non CV	-0.148	0.129	-1.149	0.250
SYMPTOMES				
Fesse	-0.315	0.147	-2.148	<b>0.032</b>
Cuisse	-0.197	0.139	-1.417	0.156
Mollet	-0.397	0.170	-2.336	<b>0.019</b>
Pied	0.128	0.206	0.622	0.534

Note. L'estimation représente le log des cotes (odds) de "illimité" vs. "limité"

## 6. TcPO2 d'effort

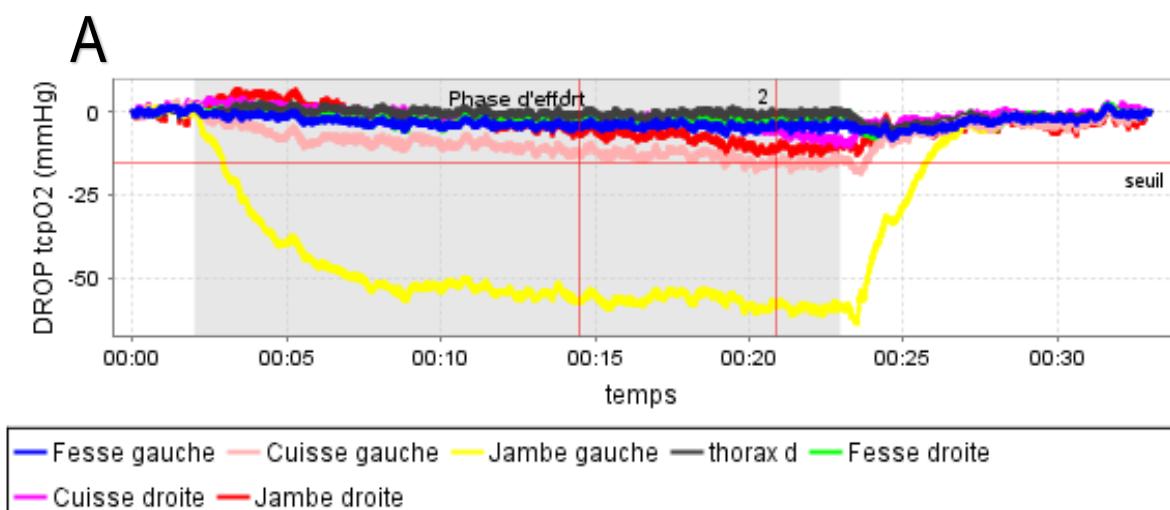
L'observation des courbes de TcPO2 de nos patients atteints d'ischémie d'effort non limitante a retrouvé quatre profils de courbes distincts.

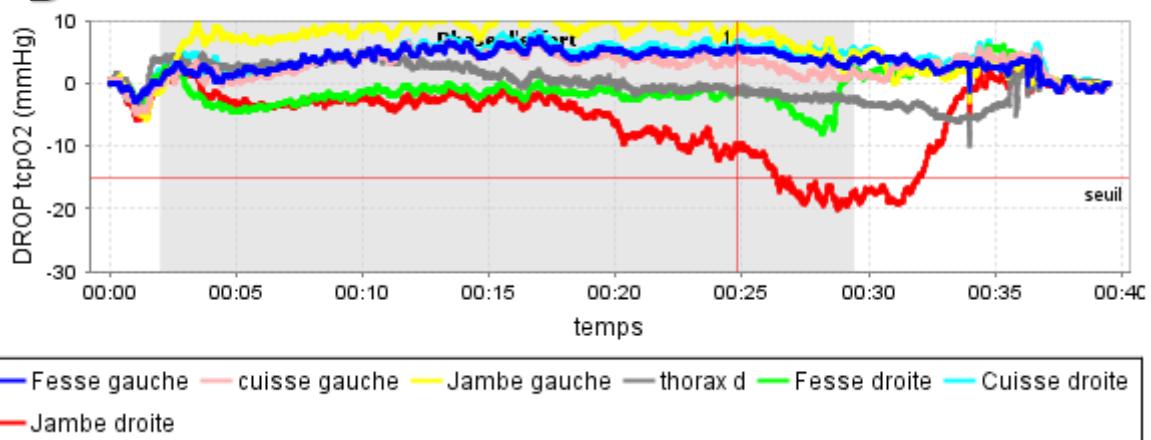
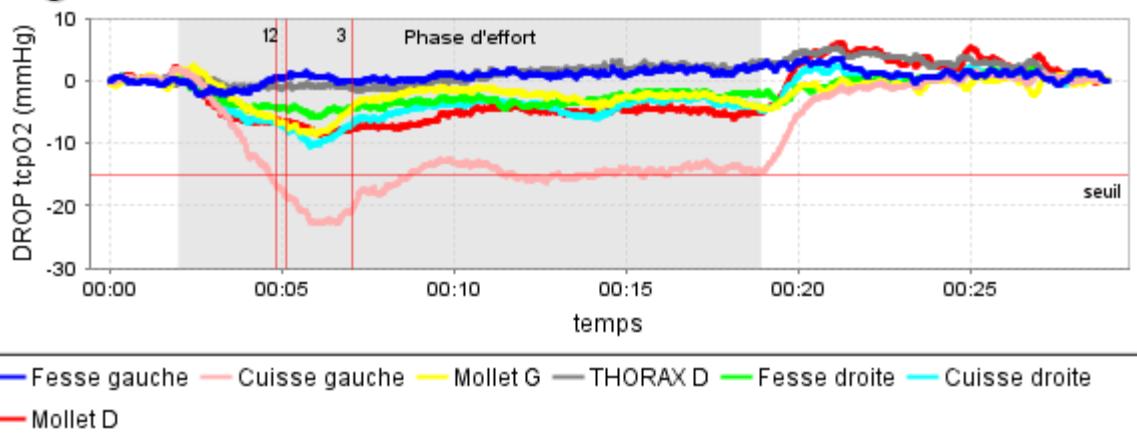
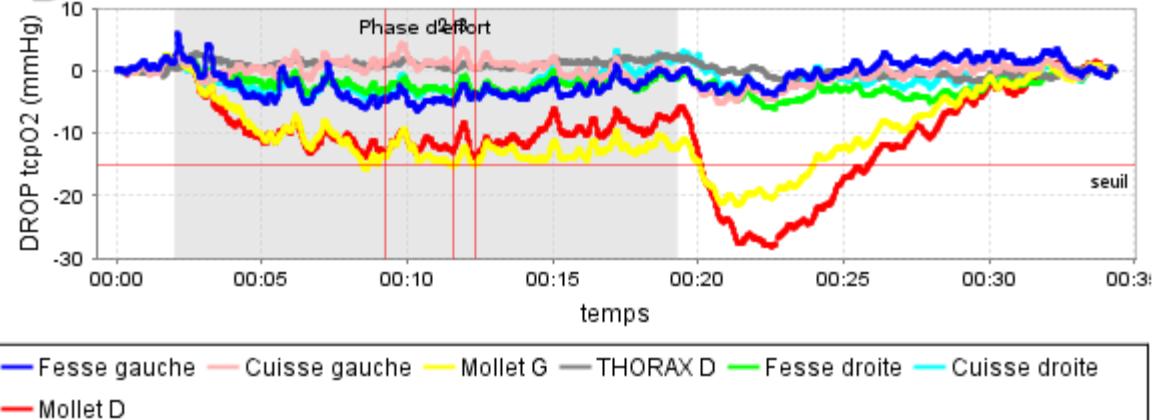
Le premier peut être décrit comme une ischémie d'effort stable et constante au cours de l'effort (courbe A). Malgré une ischémie précoce et profonde, l'apparition des douleurs n'est constatée qu'à partir de 15 minutes d'effort chez ce patient qui parvient néanmoins à poursuivre son effort.

Le deuxième est une ischémie se révélant uniquement lors de la phase d'incrémentation du tapis et d'apparition progressive (courbe B). Nous constatons une baisse progressive du DROP en jambe droite à partir de la phase d'incrémentation (soit 15 minutes) avec une apparition des douleurs quelques secondes avant la positivité du DROP.

Le troisième est une ischémie d'apparition précoce, ayant tendance par la suite à se normaliser au cours de l'effort (courbe C). On constate une apparition concomitante des douleurs et de la positivité du DROP vers cinq minutes. En revanche, ces dernières ne sont pas suffisamment intenses pour faire arrêter l'effort de marche de ce patient.

Le dernier profil est celui d'une ischémie se démasquant uniquement à l'arrêt de l'effort (courbe D). Le test a dans cet exemple été arrêté en raison d'une fatigue générale du patient et non spécifiquement à cause de douleurs.



**B****C****D**

**Figure 7 – Courbes DROP  $\text{TcPO}_2$**

## **DISCUSSION**

À notre connaissance il s'agit du premier travail ayant analysé les caractéristiques cliniques et hémodynamiques des patients atteints d'ischémie d'effort non limitante, dont l'ischémie a été objectivée au préalable via une TcPO<sub>2</sub> d'effort.

Nous avons pu à travers ce travail constater qu'il existait des facteurs influençant la capacité de marche des patients souffrant d'ischémie d'effort. En effet, le tabagisme actif, un IMC élevé, un âge avancé, la prescription de bétabloquants, la BPCO, les antécédents médicaux autres que vasculaires (rhumatologique, neurologique...) sont des facteurs limitants la capacité de marche de nos patients. La localisation des douleurs rapportées par les patients est elle aussi un facteur limitant, comme c'est le cas pour les douleurs de fesses et de mollets. Ces résultats sont en accord avec les données déjà présentes dans la littérature, où le tabagisme (11) et les comorbidités non vasculaires (12) sont décrits comme des facteurs limitants la capacité de marche.

A contrario, nous avons pu identifier des facteurs prédictifs d'une capacité de marche non limitée, tels qu'un temps de marche court sur une distance de 10 mètres, un score de WELCH élevé et une fréquence cardiaque de repos basse. Ces résultats sont eux aussi en accord avec la littérature où Gardner *et al.* (13) ont montré que les paramètres cardiovasculaires, tels que la pression artérielle et la fréquence cardiaque, sont inversement corrélés à la distance de marche sur tapis roulant. Tollenaere *et al.* (14) ont rapporté qu'un score WELCH ≤ 22 points permettrait de prédire une distance de marche ≤ 250 mètres (soit une marche de cinq minutes en TcPO<sub>2</sub> d'effort).

Comme constaté par Gardner *et al.* (15) avant nous, les patients atteints d'ischémie d'effort non limitante présentent des capacités de marche supérieures, en termes de distance parcourue et de vitesse de marche, comparativement aux patients atteints d'ischémie d'effort limitante.

L'IPSc dans notre travail n'a statistiquement pas été retrouvé parmi les facteurs influençant la capacité de marche, comme McDermott *et al.* (16) avaient également pu le constater. L'IPSc semble être un marqueur surtout intéressant dans le dépistage de l'AOMI, en revanche, il semble moins intéressant pour prédire l'importance de la symptomatologie ressentie par le patient.

La constatation de différents profils de courbes DROP dans notre population de patients souffrant d'ischémie d'effort non limitante suggère qu'il existe différents mécanismes d'adaptation physiologique. Le développement de collatéralités de suppléances et les adaptations métaboliques musculaires sont les modèles les plus répandus (17,18). Ces modèles pourraient expliquer le fait que certaines de nos courbes DROP tendent à se normaliser au cours de l'effort (courbe C figure 7). Fouasson-Chailloux *et al.* (19) ont objectivé le fait que l'intensité de l'ischémie (valeur la plus faible du DROP) est directement corrélée à la sévérité des douleurs. Or nous constatons avec l'analyse des courbes DROP qu'il existe un certain nombre de patients en capacité de poursuivre leur effort de marche malgré des DROP extrêmement faibles, comme sur la courbe A de la figure 7. Hersant *et al.* (20) ont pu constater que la disparition de la douleur au cours de la phase de récupération apparaît avant la normalisation du DROP. Ce delta de temps entre l'inadéquation hémodynamique et l'apparition d'une symptomatologie clinique pourrait expliquer, au moins en partie, le fait que certains de nos patients, bien qu'ayant un DROP positif, ne ressentent immédiatement les douleurs et parviennent à continuer de marcher.

Il convient de souligner que notre étude comprend un certain nombre de limites. Tout d'abord, notre recrutement mono-centrique entraîne un biais de sélection. Bien que Porras *et al.* (21) aient montré que l'expression de la douleur chez les patients artériopathes différait entre les deux sexes avec une symptomatologie auto-déclarée plus importante chez les hommes, cette constatation ne semble pas à elle seule pouvoir expliquer la

surreprésentation masculine de 84% dans notre population. En effet au cours de ces dernières années, la prévalence de l'AOMI tend à s'égaliser entre les deux sexes.

Largement employés dans les études sur l'AOMI, les tests d'effort sur tapis roulant présentent certaines limites par rapport aux tests fonctionnels (test de marche de six minutes ou test d'accélération sur quatre mètres). En effet, les tests sur tapis peuvent ne pas reproduire fidèlement les conditions de marche du quotidien des patients (6). Abraham *et al.* (7) ont déjà constaté que les symptômes de l'ischémie ne sont pas toujours reproduits de manière adéquate sur tapis roulant. C'est pourquoi, au fil des années, ils ont démontré l'intérêt de coupler au test sur tapis roulant standard, un test de TcPO<sub>2</sub> d'effort afin d'apporter de nouvelles informations. C'est le cas du DROP qui présente une forte concordance avec les lésions artérielles sous-jacentes (22). Pour un seuil DROP établi à <-15mmHg, la sensibilité est de 80% et la spécificité de 72%. Cependant, la valeur prédictive positive du DROP n'est que de 43% ce qui explique que l'on retrouve fréquemment des inadéquations entre les valeurs DROP enregistrées et la clinique décrite par le patient. Ceci pourrait nous faire questionner sur la fiabilité de ce seuil DROP à <-15mmHg chez notre population de patients atteints d'ischémie d'effort non limitante.

Bien que l'association entre la distance de marche et la qualité de vie soit établie, la signification d'un seuil universel métré semble être délicate. En effet, de nombreux auteurs s'accordent autour d'un seuil de 500 mètres de marche sans claudication pour considérer l'ischémie d'effort comme non limitante au quotidien (23). Néanmoins, ce seuil semble discutable, notamment aux âges extrêmes, où l'ischémie d'effort pourrait être considérée comme non limitante pour des seuils bien différents. Notre seuil de 800 mètres (correspondant à 15 minutes de marche en TcPO<sub>2</sub> d'effort), peut paraître excessif à la vue des données de la littérature. Une définition spécifique de ce seuil, actuellement arbitraire, basé sur les caractéristiques du patient mériterait d'être étudiée.

D'autres études sur cette population de patients sont nécessaires, afin de mieux comprendre les mécanismes purement vasculaires qui influencent la capacité de marche de ces derniers.

## **CONCLUSION**

Ce travail apporte une compréhension plus approfondie des patients présentant une AOMI au stade d'ischémie d'effort. La corrélation entre les lésions observées en imagerie et le ressenti clinique du patient demeure néanmoins incertaine. Une meilleure compréhension des mécanismes interférant la qualité de marche du patient artériopathie est nécessaire pour améliorer leur prise en charge thérapeutique.

La symptomatologie de l'AOMI est complexe et il existe une grande diversité de tableaux cliniques et non uniquement ceux validés au travers des différentes classifications établies.

Nos résultats soulignent l'importance d'avoir des stratégies de prise en charge individualisée en tenant compte des caractéristiques spécifiques de chaque patient, incluant non seulement les facteurs physico-cliniques mais aussi les aspects psychologiques et comportementaux.

De plus, l'utilisation du score WELCH et du temps de marche sur 10 mètres en pratique clinique courante constitue des outils intéressants, afin de différencier les patients limités de ceux ne l'étant pas et ainsi optimiser leur prise en charge.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MLEL, Björck M, Brodmann M, Cohnert T, et al. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteriesEndorsed by: the European Stroke Organization (ESO)The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur Heart J.* 1 mars 2018;39(9):763-816.
2. Asymptomatic Peripheral Arterial Disease Is Associated With More Adverse Lower Extremity Characteristics Than Intermittent Claudication | Circulation [Internet]. [cité 6 juin 2024]. Disponible sur: [https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.736108?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.736108?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed)
3. Elsevier Masson SAS [Internet]. [cité 7 juin 2024]. Traité de médecine vasculaire - Offre Premium | Livre + Compl. | 9782294768095. Disponible sur: <https://www.elsevier-masson.fr/traite-de-medecine-vasculaire-offre-premium-9782294768095.html>
4. Aboyans V, Criqui MH, Abraham P, Allison MA, Creager MA, Diehm C, et al. Measurement and Interpretation of the Ankle-Brachial Index: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation.* 11 déc 2012;126(24):2890-909.
5. Schorr EN, Peden-McAlpine C, Treat-Jacobson D, Lindquist R. Characterization of the Peripheral Artery Disease Symptom Experience. *Geriatr Nurs N Y N.* 2015;36(4):293-300.
6. McDermott MM, Ades PA, Dyer A, Guralnik JM, Kibbe M, Criqui MH. Corridor-based functional performance measures correlate better with physical activity during daily life than treadmill measures in persons with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg.* 1 nov 2008;48(5):1231-1237.e1.
7. Signolet I, Henni S, Colas-Ribas C, Feuilloy M, Picquet J, Abraham P. Prevalence and Causes of Normal Exercise Oximetry in the Calf in Patients with Peripheral Artery Disease and Limiting Calf Claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1 avr 2016;51(4):572-8.
8. McDermott MM, Ferrucci L, Liu K, Guralnik JM, Tian L, Liao Y, et al. Leg Symptom Categories and Rates of Mobility Decline in Peripheral Arterial Disease. *J Am Geriatr Soc.* juill 2010;58(7):1256-62.
9. Transcutaneous Oxygen Pressure Measurements on the Buttocks During Exercise to Detect Proximal Arterial Ischemia | Circulation [Internet]. [cité 26 juill 2024]. Disponible sur: [https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.0000060500.60646.E0?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.0000060500.60646.E0?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed)
10. Calf and non-calf hemodynamic recovery in patients with arterial claudication: Implication for exercise training - ScienceDirect [Internet]. [cité 6 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026286221000133?via%3Dihub>
11. Wolosker N, Nakano L, Rosoky RA, Puech-Leão P. Evaluation of Walking Capacity Over Time in 500 Patients With Intermittent Claudication Who Underwent Clinical Treatment. *Arch Intern Med.* 27 oct 2003;163(19):2296-300.

12. Sharath SE, Kougias P, Pisimisis G, Barshes NR. The impact of clinical, psychological, behavioral, social, and environmental factors on self-perceived symptom severity in a male cohort with intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 1 mai 2016;63(5):1296-1304.e4.
13. Greater Exercise Pressor Response Is Associated With Impaired Claudication Outcomes in Symptomatic Peripheral Artery Disease - Andrew W. Gardner, Polly S. Montgomery, Ming Wang, Chixiang Chen, Marcos Kuroki, Danielle Jin-Kwang Kim, 2019 [Internet]. [cité 6 juin 2024]. Disponible sur: [https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0003319718790876?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0003319718790876?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed)
14. Tollenaere Q, Métairie A, Le Pabic E, Le Faucheur A, Mahé G. Use of the Walking Impairment Questionnaire and Walking Estimated-Limitation Calculated by History questionnaire to detect maximal walking distance equal to or lower than 250 m in patients with lower extremity arterial disease. *Front Cardiovasc Med.* 21 mars 2023;10:968213.
15. Gardner AW, Parker DE, Montgomery PS, Khurana A, Ritti-Dias RM, Blevins SM. Calf muscle hemoglobin oxygen saturation in patients with peripheral artery disease who have different types of exertional leg pain. *J Vasc Surg.* juin 2012;55(6):1654-61.
16. McGrae McDermott M, Greenland P, Liu K, Guralnik JM, Criqui MH, Dolan NC, et al. Leg Symptoms in Peripheral Arterial Disease: Associated Clinical Characteristics and Functional Impairment. *JAMA.* 3 oct 2001;286(13):1599.
17. Ernst EE, Matrai A. Intermittent claudication, exercise, and blood rheology. *Circulation.* nov 1987;76(5):1110-4.
18. Aquino R, Johnnides C, Makaroun M, Whittle JC, Muluk VS, Kelley ME, et al. Natural history of claudication: Long-term serial follow-up study of 1244 claudicants. *J Vasc Surg.* déc 2001;34(6):962-70.
19. Fouasson-Chailloux A, Abraham P, Colas-Ribas C, Feuilloy M, Vielle B, Henni S. Simultaneous pain intensity rating and quantification of ischemia throughout exercise and recovery in proximal versus distal arterial claudication. *Vasc Med.* déc 2017;22(6):490-7.
20. Hersant J, Ramondou P, Picquet J, Feuilloy M, Abraham P, Henni S. Calf and non-calf hemodynamic recovery in patients with arterial claudication: Implication for exercise training. *Microvasc Res.* mai 2021;135:104143.
21. Porras CP, Bots ML, Teraa M, van Doorn S, Vernooij RWM. Differences in Symptom Presentation in Women and Men with Confirmed Lower Limb Peripheral Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1 avr 2022;63(4):602-12.
22. Audonnet M, Signolet I, Colas-Ribas C, Ammi M, Abraham P, Henni S. Exercise Transcutaneous Oximetry of the Buttocks – External Validation With Computed Tomography Angiography –. *Circ J.* 2017;81(8):1123-8.
23. Marquis P. Evaluation de l'impact de l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs sur la qualité de vie. *Drugs.* 1 déc 1998;56(3):25-35.

## **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure 1</b> - Sélection des patients .....	8
<b>Figure 2</b> - Répartition des thérapeutiques médicamenteuses .....	10
<b>Figure 3</b> - Antécédents médicaux .....	12
<b>Figure 4</b> - Facteurs de risque cardiovasculaire .....	12
<b>Figure 5</b> - Répartition des douleurs déclarées.....	13
<b>Figure 6</b> - Répartition des scores WELCH .....	14
<b>Figure 7</b> – Courbes DROP TcPO2 .....	17

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau I</b> – Caractéristiques de la population d'intérêt .....	9
<b>Tableau II</b> – Répartition en fonction du caractère limitant ou non de l'ischémie .....	11
<b>Tableau III</b> – Régression logistique binomiale.....	15

# TABLE DES MATIERES

SERMENT D'HIPPOCRATE .....	
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>MÉTHODES .....</b>	<b>4</b>
1. <b>Contexte .....</b>	<b>4</b>
2. <b>Ethique .....</b>	<b>4</b>
3. <b>Collecte des données .....</b>	<b>4</b>
4. <b>TcPO2 d'effort.....</b>	<b>5</b>
5. <b>Analyses statistiques .....</b>	<b>6</b>
<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>7</b>
1. <b>Sélection des participants.....</b>	<b>7</b>
2. <b>Caractéristiques de la population.....</b>	<b>8</b>
3. <b>Traitements pharmacologiques.....</b>	<b>10</b>
4. <b>Analyse en sous groupe .....</b>	<b>11</b>
4.1. Répartition de leurs caractéristiques .....	11
4.2. Facteurs de risque et antécédents médicaux .....	12
4.3. Localisations des douleurs .....	13
4.4. Score WELCH .....	13
5. <b>Régression logistique binomiale .....</b>	<b>14</b>
6. <b>TcPO2 d'effort.....</b>	<b>16</b>
<b>DISCUSSION .....</b>	<b>18</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>22</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>23</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>25</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>26</b>
<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>27</b>

# RÉSUMÉ

GOUMARD Alexandre

## Ischémie d'effort non limitante dans l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs

**Introduction :** Dans l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs le stade d'ischémie d'effort résulte d'une inadéquation entre la perfusion sanguine et la demande métabolique musculaire à l'effort. L'ischémie d'effort peut être caractérisée de limitante (obligeant à s'arrêter) ou non limitante. Contrairement à sa forme limitante, l'ischémie d'effort non limitante est très peu décrite dans la littérature. McDermott et al. ont constaté que les performances fonctionnelles des patients non limités étaient supérieures à celles des patients présentant une ischémie d'effort limitante, sans pouvoir en expliquer les mécanismes.

**Objectifs :** Nous avons décidé d'analyser cette population de patients non limités à l'aide d'un test de TcPO<sub>2</sub> d'effort pour confirmer grâce au DROP l'origine vasculaire des douleurs ressenties par les patients.

Notre travail vise à explorer les caractéristiques, les facteurs de risque et les implications cliniques des patients présentant une ischémie d'effort non limitante dans l'AOMI.

**Méthodologie :** Notre population est composée uniquement des patients présentant un IPSc <0.90 et un DROP positif <-15mmHg à la TcPO<sub>2</sub> d'effort, soit un total de 1863 patients. Un seuil arbitraire de 15 minutes de marche a été établi pour définir un patient comme limité ou non. Une régression logistique binomiale a été réalisée afin de trouver les facteurs pouvant influencer la capacité de marche de nos patients.

**Résultats :** L'IMC, l'âge, les bêtabloquants, la BPCO, tabagisme actif, les douleurs de fesses et de mollets sont des facteurs limitants la marche de nos patients. En revanche un score de WELCH élevé, un temps de marche faible sur 10 mètres, une fréquence cardiaque de repos faible, sont des facteurs prédictifs d'une capacité de marche non limitée.

**Conclusion :** La symptomatologie de l'AOMI est complexe et il existe une grande diversité de tableaux cliniques. Nos résultats soulignent l'importance d'avoir des stratégies de prise en charge individualisée en tenant compte des caractéristiques physico-cliniques mais aussi les aspects psychologiques et comportementaux.

**Mots-clés : ischémie d'effort, claudication intermittente, artériopathie oblitérante des membres inférieurs, distance de marche, TcPO<sub>2</sub> d'effort**

# ABSTRACT

**Introduction:** In peripheral arterial disease (PAD) patients, exercise-induced ischemia results from a mismatch between blood perfusion and muscle metabolic demand during exercise. Exercise-induced ischemia can be classified as limiting (forcing the patient to stop) or non-limiting. Unlike its limiting form, non-limiting exercise-induced ischemia is rarely described in the literature. McDermott et al. observed that the functional performance of non-limiting patients was higher compared to patients with limiting exercise-induced ischemia, without being able to explain the mechanisms.

**Objectives:** We analyzed this patient population using an exercise TcPO<sub>2</sub> test to objectively determine the vascular origin of the pain experienced by patients. Our work aims to explore the characteristics, risk factors, and clinical implications of patients with non-limiting exercise-induced ischemia in PAD.

**Methodology:** Inclusion criteria were an ABI <0.90 and a positive DROP <-15mmHg on the exercise TcPO<sub>2</sub> test. An arbitrary threshold of 15 minutes of walking was established to define a patient as limited or not. A binomial logistic regression was performed to identify factors that may influence patients' walking capacity.

**Results:** 1863 patients were included in the analysis. BMI, age, beta-blockers, chronic obstructive pulmonary disease, active smoking, buttock and calf pain are factors that limit our patients' walking capacity. On the contrary, a high WELCH score, low walking time over 10 meters, and low resting heart rate are predictive factors for preserved walking capacity.

**Conclusion:** The symptomatology of PAD is complex, and there are as many clinical presentations as there are patients. Our results underline the importance of developing individualized management strategies that take into account not only physical and clinical characteristics but also psychological and behavioral aspects.

**Keywords : exercise-induced ischemia, intermittent claudication, peripheral artery disease, walking distance, exercise TcPO<sub>2</sub>**