



Avertissement

Ce document est le fruit d'un long travail et a été validé par l'auteur et son directeur de mémoire en vue de l'obtention de l'UE 28, Unité d'Enseignement intégrée à la formation initiale de masseur kinésithérapeute.

L'ILFMK de Nancy n'est pas garant du contenu de ce mémoire mais le met à disposition de la communauté scientifique élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : secretariat@kine-nancy.eu

Liens utiles

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F23431>

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION GRAND EST
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE NANCY

**IMPACT DE LA PENTE DU TAPIS ROULANT SUR L'APPARITION
DU SEUIL ISCHEMIQUE AU SEIN DE LA REEDUCATION
DU PATIENT ARTERITIQUE CLAUDICANT :
UNE ETUDE PRELIMINAIRE**

Sous la direction de Mme Julie PERSON

Mémoire présenté par **Pierrick BARBA**,
étudiant en 4^{ème} année de masso-kinésithérapie,
en vue de l'obtention du
Diplôme d'État de Masseur-Kinésithérapeute
Promotion 2016-2020



UE 28 - MÉMOIRE
DÉCLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné(e), BARBA Pierre

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant le conseil de discipline de l'ILFMK et les tribunaux de la République Française.

Fait à Nancy, le 15/04/2020

Signature

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes ayant participé à ma formation durant ces quatre années ainsi qu'à la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais dans un premier temps remercier ma directrice de mémoire Mme Julie PERSON, kinésithérapeute à l'Institut Régional de médecine et de Réadaptation de Nancy pour ses conseils avisés, sa patience et l'intérêt qu'elle portait à ce mémoire.

Je remercie également toute l'équipe réadaptative du CHU de Brabois, pour leur gentillesse, pour le temps qu'ils m'ont accordé à la réalisation des mesures et pour l'aide à la rédaction de ce protocole.

Je tiens également à remercier toute l'équipe pédagogique de l'IFMK de Nancy notamment Mme BUATOIS, ma référente, qui m'a apporté une aide précieuse pour la méthodologie et l'analyse des résultats ; M. CORDIER qui a su développer mon esprit critique et ma réflexion de par ses remises en question permanentes durant ces quatre années de travaux pratiques, M. MARTIN pour sa pédagogie et sa gentillesse et enfin M. GOUILLY pour sa bienveillance et son accompagnement tout au long de ce cursus.

Je remercie Mme FRANOUX, Mme MANGIN ainsi que Mme BIEDIGER pour leur gestion des dossiers administratifs, leur écoute et leur disponibilité ; M. JACQUOT pour son implication au sein de l'établissement et sa bonne humeur permanente.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers les personnes suivantes :

Mme Anne MARCHAL, cadre du CHU de Brabois pour sa gentillesse et son dévouement à la mise en place de ce protocole.

Messieurs Pierre FRANCOIS, Lucas DUGRAVOT, François MOUTON et Yann VERRECHIA qui m'ont supporté durant toutes ces années aussi bien en cours magistral qu'en travaux pratiques et ont su combler mes lacunes.

Et surtout je souhaiterais remercier mes parents pour leur investissement tout au long de ce parcours et surtout pour leur soutien m'ayant permis de réaliser le métier de mes rêves.

Ces quelques lignes ne symbolisent pas grand-chose quant à la gratitude que je vous porte et je tâcherai de vous rendre fier autant que je le suis de vous en faisant de moi un excellent thérapeute.

Il n'y a guère au monde un plus bel excès que celui de la reconnaissance

- Jean de la Bruyère -

Impact de la pente du tapis roulant sur l'apparition du seuil ischémique au sein de la rééducation du patient artéritique claudicant : une étude préliminaire

Introduction : la réadaptation cardiaque est la thérapie la plus préconisée pour la prise en charge des claudications intermittentes de l'artéritique. S'effectuant majoritairement sur tapis, elle a pour but de faire reculer le seuil ischémique et augmenter le périmètre de marche. La pente du tapis semblerait avoir un impact sur l'apparition de l'ischémie. Un protocole préliminaire évaluant le périmètre de gêne et la douleur des patients a été mis en place.

Matériel et méthode : le pré-test porte sur 3 patients artéritiques. Un TDM6 est réalisé en amont afin de déterminer leur vitesse de marche de confort. Le protocole consiste à déambuler sur tapis de marche à vitesse habituelle, 2 fois sur 3 pentes différentes : -5%, 0%, +5%. Six mesures sont prises sur chacun des patients. Les critères de jugement principaux sont le périmètre de gêne et la douleur. Le pré-test est concluant si le périmètre de gêne est influencé par la pente.

Résultats : le périmètre de gêne apparaît le plus tardivement sur la pente de -5%, vient ensuite la pente de 0% et enfin la pente de 5% qui fait ressortir les périmètres de gênes les plus précoces. Les douleurs sont également moins prononcées sur la pente de -5% et maximales sur la pente de 5%.

Discussion : Ce pré-test fait ressortir une différence de périmètre de gêne entre les différentes pentes mais ne permet pas de conclure au vu du faible échantillon étudié. Des critiques et des améliorations sont proposées. Toutefois, la pente négative semble reculer le seuil ischémique du patient et réduire sa douleur et pourrait donc être utilisée afin de faciliter la réadaptation du patient artéritique fortement limité fonctionnellement.

Mots clés : AOMI, douleur, pente, réadaptation cardiaque, seuil ischémique

Impact of the incline of the treadmill on the onset of the ischemic threshold in the rehabilitation of the claudicant arteritic patient: a preliminary study

Background: cardiac rehabilitation is the most recommended therapy for the management of intermittent arteritic claudications. Mostly performed on a treadmill, it aims to reduce the ischemic threshold and increase walking perimeter. The slope of the treadmill seems to have an impact on the onset of ischemia. A preliminary protocol assessing discomfort perimeter and pain has been established.

Methods: the pre-test concerns 3 arteritics patients. A 6MWT is performed upstream to determine their comfort walking speed. The protocole consists of walking on a treadmill at the comfort walking speed 2 times on 3 differents slopes: -5%, 0%, +5%. Six measurements are taken on each patient. The main judgement criteria are the discomfort perimeter and pain. The pre-test is conclusive if the discomfort perimeter is influenced by the slope.

Results: The discomfort perimeter appears later on the slope of -5%, then comes the slop of 0% and finally the slope of 5% which brings out the earliest discomfort perimeter. Pains are also less pronounced on the slope of -5% and maximum on the slope of 5%.

Discussion: This pre-test brings out a difference in discomfort perimeter between the different slopes but does not allow us to conclude because of the small sample studied. Critics and improvements are proposed. However, the negative slope seems to reduce the patient's ischemic threshold and his pain and could therefore be used to facilitate the rehabilitation of the patient with PAD who is severely functionally limited.

Keywords: PAD, pain, slope, cardiac rehabilitation, ischemic threshold

1. INTRODUCTION	1
2. CADRE THEORIQUE	4
2.1. L'artérite oblitérante des membres inférieurs	4
2.2. Epidémiologie	4
2.3. La prévalence	4
2.3.1. L'incidence	5
2.4. Sémiologie	5
2.5. Objectifs de prise en charge de la claudication intermittente	7
2.5.1. Réadaptation cardio-vasculaire	8
2.5.2. L'éducation thérapeutique	9
2.6. Le réentraînement musculaire	10
2.7. Impact de la fonction musculaire et métabolique chez le patient artéritique	11
2.7.1. Altération mitochondriale	12
2.7.2. Impact sur le travail musculaire	13
2.7.3. Altération de la biomécanique de la marche	14
2.8. Rappel de la question de recherche	15
3. MATERIELS ET METHODES	16
3.1. Stratégie de recherche	16
3.2. La population	17
3.3. Les critères d'inclusion	17
3.4. Les critères de non inclusion	18
3.5. Les critères d'exclusion	18
3.6. Protocole d'étude	19
3.6.1. Information et consentement de l'étude	19
3.6.2. Déroulement du protocole	19
3.6.3. Les critères de jugement	21

3.7. Matériels nécessaires	22
3.7.1. Le tapis Enraf-Nonius®	22
3.7.2. Le petit matériel.....	23
3.7.3. Récapitulatif du déroulement du protocole.....	23
3.8. Méthode statistique	24
4. RESULTATS.....	26
4.1. Caractéristiques de la population	26
4.2. Résultats des différentes mesures individuelles	27
4.2.1. Patient A.....	27
4.2.2. Patient B.....	29
4.2.3. Patient C	30
4.3. Comparaison des périmètres de gène inter-individus.....	31
4.4. Comparaison des périmètres de marche inter-individus	32
4.5. Normalisation du périmètre de gène par rapport à la pente neutre.....	34
5. DISCUSSION.....	36
5.1. Analyse et interprétation des résultats.....	36
5.1.1. Le périmètre de gène	36
5.1.2. Le périmètre de marche absolu	37
5.1.3. Evolution de la douleur	38
5.2. Critique du protocole et évolution envisageable	40
5.2.1. La vitesse de marche	40
5.2.2. L'échauffement.....	41
5.2.3. Conditions de réalisation du test et critères de jugements	42
5.2.4. Les pentes évaluées.....	43
5.2.5. L'effectif.....	44
5.2.6. Récapitulatif des propositions d'amélioration du protocole.....	44
5.3. Perspective	45

5.3.1. En théorie.....	45
5.3.2. En pratique.....	45
6. CONCLUSION.....	47
BIBLIOGRAPHIE.....	
ANNEXES.....	

Liste des abréviations couramment utilisées

- I.P.S. : indice de pression systolique
- A.O.M.I. : artérite oblitérante des membres inférieurs
- E.A.P.A. : éducateur en activités physiques adaptées
- T.D.M.6 : test de marche de 6 minutes
- P.G. : périmètre de gêne
- P.M. : périmètre de marche
- E.N. : échelle numérique

1. INTRODUCTION

De par sa prévalence estimée à 200 millions d'individus dans le monde dont 1 million de français, l'artérite oblitérante des membres inférieurs (A.O.M.I.) figure parmi les pathologies cardio-vasculaires les plus répandues (1). Sa survenue peut être influencée par l'âge de la personne, son sexe ainsi que par de nombreux facteurs de risques cardio-vasculaires.

Asymptomatique dans un premier temps, la pathologie se manifeste progressivement par l'apparition de douleurs à la marche appelées « claudications intermittentes ». Ces douleurs de jambes, apparentées à une crampe se déclarent de manière reproductible et spontanée. Leur localisation varie en fonction du territoire artériel touché.

Derrière une apparente bénignité des symptômes (« douleur de crampe ») se cache en réalité une pathologie pouvant mener à l'amputation suite à la thrombose intravasculaire (2).

La présence de claudications intermittentes lors de la marche réduit de manière significative les activités physiques de la personne atteinte (3). L'association de l'athérome et des différents facteurs de risques tels que : la sédentarité, la malnutrition et le stress ont pour effet de majorer la mortalité cardio-vasculaire. Mortalité d'autant plus majorée que les facteurs de risques sont nombreux (4).

Cette hausse de la mortalité est si importante que l'A.O.M.I. et plus globalement les maladies cardio-vasculaires constituent la 1^{ère} cause de mortalité chez la femme en France et la 2^{ème} chez les hommes entraînant ainsi des coûts élevés pour l'état français (5).

Les recommandations françaises (6) et européennes (7) sur la prise en charge de l'A.O.M.I. mettent en avant la réadaptation cardio-vasculaire, censée diminuer les claudications intermittentes, ralentir la progression de la maladie et améliorer le périmètre de marche. Cette réadaptation permettrait de faire des économies au système de santé français en minorant la sédentarité qui constitue un des facteurs de risques cardio-vasculaires.

De nombreux protocoles permettent d'évaluer le périmètre de marche du patient atteint d'A.O.M.I. Développés par Hiatt et Gardner, ils s'effectuent majoritairement sur tapis roulant à une vitesse variant entre 1,6 et 3,2km/h (8,9) et une pente variant entre 0 et 12% suivant le protocole. Le plus connu reste le protocole de Strandness développé par la personne du même

nom et adapté de nombreuses fois (10). Également appelé « *Constant Load Protocol* », il consiste à marcher la plus longue distance à une vitesse de 3,2km/h sur une pente de 10%. Ces pentes plus ou moins ardues ont pour but de déclencher des claudications d'efforts chez le patient afin d'évaluer ses capacités fonctionnelles. En fonction du test et de l'auteur le décrivant, les paramètres diffèrent au niveau de la pente, de la vitesse et de la progression de l'évaluation. Ces variations vont modifier la biomécanique de la marche aussi bien au niveau de l'activité musculaire que du coût métabolique de celle-ci et donc potentiellement modifier l'arrivée du seuil ischémique du patient (11,12).

Mais à quel point le seuil ischémique est-il impacté par la pente ? En corrélant les modifications physiologiques, métaboliques et biomécaniques avec les modalités de travail que propose le travail excentrique (notamment retrouvé lors de la marche en descente), plusieurs interrogations se dégagent. La distance de marche maximale est-elle augmentée sur pente négative du fait d'une dépense énergétique plus faible et d'une douleur moindre ? La diminution du coût énergétique induite par le travail excentrique de la pente négative permet-elle de diminuer les claudications intermittentes ? Quelle inclinaison de pente retarde le plus le seuil ischémique ?

C'est lors d'un stage au sein du centre de réadaptation cardiaque au CHU de Brabois que les notions de travail sur pente descendante pour le patient artéritique nous furent apprises. Cette pratique, notamment utilisée en début de prise en charge sur des patients très limités fonctionnellement, avait pour but de faciliter leur déambulation. Gilles BOSSER, cardiologue du CHU de Brabois s'était basé non pas sur la littérature mais sur son bon sens afin de justifier l'utilisation de ce paramètre : « *l'excentrique étant moins coûteux, il devrait faire reculer le seuil ischémique !* »

Ainsi, afin de répondre à ces diverses questions et vérifier l'assertion du docteur BOSSER, il est utile de formuler cette question de recherche : « **Quel est l'impact de la pente du tapis roulant sur le périmètre de gêne et la douleur au sein de la rééducation du patient artéritique claudicant ?** ».

L'objectif de cette étude préliminaire est d'évaluer l'impact de la pente du tapis roulant sur l'apparition du seuil ischémique (correspondant au début de l'ischémie et se traduisant par une sensation de gêne) ainsi que la douleur du patient artéritique. Afin de répondre à cette problématique, un protocole dont les prises de mesures s'étendent sur 3 semaines sera

proposé à la population artéritique venant effectuer sa réadaptation au sein du CHU de Brabois. Ce protocole préliminaire s'inscrivant dans le cadre d'un programme de réadaptation cardiaque se déroulera sur les créneaux des patients adhérents, à raison de 2 séances par semaine et portera sur une population constituée de 3 patients.

Afin de suivre une progression, la première partie sera consacrée à la mise en place du cadre théorique et à l'abord de tout élément nécessaire à la compréhension de cette étude. Suivra ensuite la partie « matériel et méthode » où seront expliqués la méthode de recherche bibliographique et le protocole expérimental. Pour terminer, la dernière partie sera dédiée aux résultats obtenus et à leurs discussions afin d'améliorer ce pré-test.

2. CADRE THEORIQUE

2.1. L'artérite oblitérante des membres inférieurs

Selon la H.A.S. (Haute Autorité de Santé) : « l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs est caractérisée par un rétrécissement du calibre des artères qui irriguent les membres inférieurs, se traduisant par une chute de l'index de pression systolique (I.P.S.) (6). L'I.P.S. correspond au rapport entre la pression artérielle systolique de la cheville et la pression systolique humérale et est mesuré à l'aide d'une sonde Doppler. Un I.P.S. < 0,9 permet de mettre en évidence la pathologie (ANNEXE I).

Il existe deux formes d'A.O.M.I. :

- Une forme chronique avec ou sans signes cliniques, appelée ischémie d'effort, où le risque cardio-vasculaire domine largement par rapport au risque local et influence le pronostic ainsi que la prise en charge.
- Une forme chronique ou aiguë, appelée ischémie permanente, où la prise en charge du risque cardio-vasculaire reste tout de même importante malgré une prépondérance du risque local.

2.2. Epidémiologie

Le nombre de patient atteint d'A.O.M.I. dans le monde est estimé à 200 millions d'individus dont 1 million en France.

2.3. La prévalence

La prévalence de l'A.O.M.I. varie selon le mode de dépistage. Une étude s'est penchée sur le sujet et a essayé de déterminer la prévalence dans les différentes régions du monde entre 2000 et 2010 (13). Celle-ci est estimée à moins de 5% pour les personnes âgées de moins de 50 ans mais augmente exponentiellement avec l'âge afin d'atteindre près de 18% pour les personnes de 80 ans et plus.

Les données concernant la répartition hommes/femmes de la maladie restent cependant débattues et contestées par différentes études. Certaines affirment que ce rapport est compris entre 1/1 et 2/1 allant même jusque 3/1 pour les stades sévères de la maladie. D'autres démontrent une répartition plus égale voire même une prédominance chez la femme (14).

2.3.1. L'incidence

Différentes études ont essayé de déterminer l'incidence globale de l'A.O.M.I. sur la population. Les plus récentes, datant de 2010, ont été effectuées en Espagne. L'une regroupait les hommes et les femmes de 35 à 84 ans et concluait à une incidence de 484 cas par an sur 100000 personnes, tandis que l'autre n'incluait que les hommes de 55 à 74 ans et faisait ressortir 2380 nouveaux cas par an pour 100 000 personnes (Tableau I)

Study	Publication year	Country	Participants' age range (years)	Sex of included participants	PAD incidence per 100,000 person years
Framingham	1970	USA	30–74	Men and women	530
Basel	1985	Switzerland	35–65	Men and women	1,080
Quebec	1991	Canada	35–64	Men	410
Edinburgh	1996	Scotland	55–74	Men and women	1,550
Limburg	2001	Netherlands	40–78	Men and women	1,100
Desir	2007	France	30–65	Men and women	766
Merino	2010	Spain	55–74	Men	2,380
Baena-Díez	2010	Spain	35–84	Men and women	484

Tableau I : Taux d'incidence de l'A.O.M.I dans divers pays (15)

2.4. Sémiologie

Deux classifications sont utilisées pour décrire les différents stades de l'A.O.M.I. :

- La classification de Leriche et Fontaine qui comprend 4 stades (Figure 1)
- La classification de Rutherford-Becker qui comprend 6 stades (Figure 2)

La classification de Leriche et Fontaine (Figure 1), établie en 1952 évalue surtout le degré de sévérité de l'A.O.M.I. en fonction de la gêne fonctionnelle du patient. Tandis que la classification de Rutherford (Figure 2) se base sur la distance de marche sur tapis roulant ainsi que la pression systolique de la cheville pour évaluer la sévérité de la pathologie.

Stade	Clinique
I	Asymptomatique
II	Ischémie induite par l'effort <ul style="list-style-type: none"> • IIa. Claudication faible ou stade II faible ; *DMM > 200 m. • IIb. Claudication modérée à sévère ou stade II fort ; *DMM < 200 m.
III	Douleur de repos dont nocturne
IV	Ulcération, gangrène

Figure 1 : Classification de Leriche et Fontaine (16)

Stade	Catégorie	Clinique
0	0	Asymptomatique
I	1	Claudication faible <ul style="list-style-type: none"> • Test_{tapis roulant} (vitesse : 3,2 Km.h⁻¹, pente : 12%) ≈ 5 minutes ; • *PASC_{post-effort} > 50 mmHg i.e., 20 mmHg < PASC_{repos}.
I	2 et 3	Claudication modérée à sévère <ul style="list-style-type: none"> • Test_{tapis roulant} incomplet ; • PASC_{post-effort} < 50 mmHg.
II	4	Douleur de repos <ul style="list-style-type: none"> • PASC_{repos} < 40 mmHg ; • Pression de l'hallux < 30 mmHg.
III	5	Perte de tissu mineure <ul style="list-style-type: none"> • PASC_{repos} < 40 mmHg ; • Pression de l'hallux < 40 mmHg.
IV	6	Ulcération, gangrène <ul style="list-style-type: none"> • Cf. catégorie 5

Figure 2 : Classification de Rutherford (16)

La classification actuellement utilisée et validée par la H.A.S. ne comporte que 3 stades :

- L'ischémie d'effort asymptomatique : ce stade est attribué aux personnes ne ressentant aucune manifestation clinique d'ischémie malgré une abolition de pouls ou un I.P.S. < 0,9 (6).
- L'ischémie d'effort symptomatique : Ce stade est attribué aux patients présentant des lésions hémodynamiques avec manifestation cliniques d'ischémie suite à un I.P.S. < 0,9 ou une abolition de pouls. Les personnes souffrant de claudications intermittentes lors d'un effort sont également rattachées à ce stade (6).
- L'ischémie permanente chronique : c'est le stade ultime du patient artéritique. Le membre lésé est menacé de nécrose. Le patient souffre de douleurs de repos qui sont tout de même soulagées lorsque le membre inférieur est en déclive. La pression artérielle systolique chute à 50 mmHg ou moins au niveau de la cheville et à 30 mmHg ou moins au niveau de l'orteil. Des troubles trophiques de degrés variables sont retrouvés (ulcère rebelle, gangrène, ischémie). A ce stade la prise en charge devient chirurgicale, l'objectif étant de sauver le membre (6).

2.5. Objectifs de prise en charge de la claudication intermittente

La prise en charge du patient artéritique permet une diminution du risque d'événements cardio-vasculaires associés à la pathologie telles que les claudications intermittentes. Afin de ralentir au maximum la progression de la plaque d'athérome, il existe divers moyens médicamenteux ou non, afin de prendre en charge la pathologie.

Contrôle et correction des facteurs de risque :

Parmi tous les facteurs de risques, certains peuvent être corrigés plus que d'autres. Le tabac se trouve en première ligne des facteurs à bannir chez le patient. Un grade 1A est attribué à l'arrêt du tabac dans le traitement de la claudication intermittente (17).

D'autres facteurs de risque comme le cholestérol, le diabète, l'obésité ou encore l'hypertension artérielle sont à réguler afin de prendre en charge le plus efficacement la claudication intermittente du patient atteint.

Traitement médicamenteux préconisé :

Tout en tenant compte du rapport bénéfices/risques pour le patient, il est souvent nécessaire d'associer un traitement médicamenteux pour la prise en charge de la pathologie athéromateuse.

Le choix du traitement médicamenteux peut également être orienté par les divers facteurs de risques cardio-vasculaires ainsi que l'existence de plusieurs localisations athéromateuses possibles.

Les 3 types de traitement suivants sont ceux associés dans la majorité des cas aux artéritiques (6) :

- La statine afin de réduire le cholestérol de basse densité (LDL) dans le cas où celui-ci est supérieur à 1,35 g/L (grade A) ;
- L'antiagrégant plaquettaire afin de lutter contre l'agrégation des plaquettes dans le sang et ainsi prévenir la formation de caillots sanguins appelés thrombus (grade B) ;
- L'inhibiteur d'enzyme de conversion (I.E.C.) permettant de lutter contre l'hypertension artérielle et une créatinémie anormale. Celui-ci s'instaure de manière progressive sur une durée de 2 à 4 semaines (grade A).

2.5.1. Réadaptation cardio-vasculaire

Selon l'OMS, « la réadaptation cardio-vasculaire est l'ensemble des activités nécessaires pour influencer favorablement le processus évolutif de la maladie ainsi que pour assurer aux patients la meilleure condition physique, mentale et sociale possible, afin qu'ils puissent par leurs propres efforts, préserver ou reprendre une place aussi normale que possible dans la vie de la communauté ».

La réadaptation cardio-vasculaire s'inscrit dans un processus pluridisciplinaire mettant en collaboration : angiologues, cardiologues, masso-kinésithérapeutes, radiologues, diététiciennes, ergothérapeutes, infirmières, éducateurs en activités physiques adaptées (E.A.P.A.), tabacologues et chirurgiens vasculaires.

Une méta-analyse publiée par Gardner *et al.* en 1995 a démontré qu'un programme de réadaptation vasculaire de 12 à 24 semaines à raison de 2 à 3 séances réduit considérablement la morbidité et la mortalité cardio-vasculaires des patients A.O.M.I. Cette méta-analyse est l'une des premières traitant de la prise en charge du patient artéritique et servira de base pour de nombreux protocoles de réadaptation dans le futur (18).

Ajouté à cela, en 2016, un collectif d'experts de l'I.N.S.E.R.M. (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale) a communiqué les bénéfices apportés par la réadaptation cardio-vasculaire (Figure 3). Parmi eux figurent une amélioration du périmètre de marche et de la capacité aérobie ainsi qu'une diminution de l'anxiété et des risques cardio-vasculaires associés.

Niveau de preuve	Effet bénéfique
A	Baisse de la mortalité globale et cardiovasculaire Augmentation de la distance de marche et de VO ₂ max Amélioration de la qualité de vie
C	Diminution des facteurs de risque cardiovasculaires et symptômes anxio-dépressifs

Figure 3 : Effets bénéfiques de l'activité physique sur l'artériopathie oblitérantes des membres inférieurs (19)

2.5.2. L'éducation thérapeutique

La réadaptation cardio-vasculaire comprend une facette éducative. Celle-ci est mise en place dès l'arrivée du patient et est personnalisée suivant ses besoins.

Les séances présentées sous forme d'ateliers thérapeutiques sont basées sur la multidisciplinarité et font intervenir de nombreux professionnels : médecins, kinésithérapeutes, E.A.P.A. (Educateurs en Activités Physiques Adaptées), cardiologues, infirmières, diététiciennes...

Le but premier de l'éducation thérapeutique est la sensibilisation. Cependant, son efficacité reste controversée (20). L'hétérogénéité du design des différentes études, l'absence de double aveugle ainsi que la divergence des critères d'inclusions ne permettent pas de tirer une conclusion globale sur l'efficacité de l'E.T.P.

Cela s'explique également par le fait que le patient artéritique est souvent un patient difficile à prendre en charge de par son refus à vouloir changer ses habitudes et son mode de vie.

Cette facette de la réadaptation cardio-vasculaire a cependant sa place au sein du programme de par sa sensibilisation à la maladie et la transmission de bonnes pratiques afin d'améliorer la qualité de vie du patient.

2.6. Le réentraînement musculaire

Le réentraînement musculaire est la clef de la réadaptation cardio-vasculaire et a pour but d'améliorer le périmètre de marche en faisant reculer le seuil ischémique. Il vise à provoquer une vasodilatation grâce au travail des muscles situés en aval de la lésion. En effet, les produits du métabolisme musculaire tel que l'ATP, le CO₂ ou encore l'histamine sont connus comme étant de puissants vasodilatateurs. S'ajoute à cela l'exercice physique, connu également pour ses propriétés vasodilatatrices sur le système artériel (21).

L'enjeu du réentraînement à l'effort de l'A.O.M.I. est de trouver une intensité suffisante pour provoquer un « appel circulatoire » des muscles distaux sans générer d'ischémie.

L'exercice physique va améliorer la fonction angiogénique, notamment le nombre et l'efficacité des cellules progénitrices endothéliales (CPE) qui ont pour but de se différencier en cellules endothéliales et jouent donc un rôle dans l'angiogenèse (22).

Ce réentraînement musculaire peut s'effectuer de diverses manières. Il peut se faire sur tapis roulant (de manière fractionnée ou progressive) ou bien sous forme de séances d'activités physiques de groupes, personnalisées pour chaque patient, avec un travail aérobique des membres distaux en endurance.

Les recommandations pour la réalisation du réentraînement musculaire sont celles de l'*American College of Sports Medicine* (A.C.S.M.). Celles-ci stipulent que ce réentraînement doit se faire à une fréquence de 3 à 5 fois par semaine durant 12 semaines. Chaque séance à un temps de travail effectif de 30 à 45 minutes (23).

2.7. Impact de la fonction musculaire et métabolique chez le patient artéritique

Les limitations des capacités fonctionnelles du patient athéromateux sont dues à un déficit hémodynamique touchant les artères iliaques, fémorales, poplitées ou tibiales allant de la simple sténose à l'occlusion complète (ANNEXE II). Ces capacités peuvent être réduites jusqu'à hauteur de 50% des performances maximales possibles par rapport à une population saine du même âge (24). Diminution impactant considérablement le périmètre de marche de la personne atteinte ainsi que sa qualité de vie.

La distribution du flux sanguin vers les tissus est relative au métabolisme. Ce flux sanguin représente 20% du débit cardiaque au repos et peut monter à 80% lors d'un effort de haute intensité.

Pour rappel, le débit sanguin à l'intérieur des vaisseaux est un flux laminaire régit par la Loi de Poiseuille : $Q = (\pi r^4) / (8\mu) \times (\Delta P / L)$. Avec Q la vitesse d'écoulement du liquide en m/sec, r le rayon du tuyau, ΔP la différence de pression dans le tuyau, L la longueur du tuyau et μ la viscosité du sang.

Cependant, dans le cas d'une sténose, la plaque d'athérome provoque une chute de pression due au passage du sang à travers l'obstacle. Cette baisse de pression est accentuée par la transformation du flux laminaire en un flux turbulent dans le vaisseau. Ce phénomène crée une perte d'énergie cinétique se traduisant par un mauvais apport d'O₂ au muscle et donc la présence d'ischémie à l'effort (ANNEXE III).

Au repos, les muscles squelettiques ont des demandes en oxygène relativement faibles qui peuvent être couvertes malgré une baisse de la pression systolique. Cependant, lors d'un effort, les demandes en oxygène augmentent entraînant une inadéquation entre besoins et disponibilité d'O₂.

A terme, la formation de la plaque d'athérome (ANNEXE IV) entraîne des dysfonctions vasculaires. La baisse de l'I.P.S. impacte le métabolisme de la personne atteinte ainsi que ses muscles distaux, ne recevant plus assez de sang pour fonctionner correctement (Figure 4).

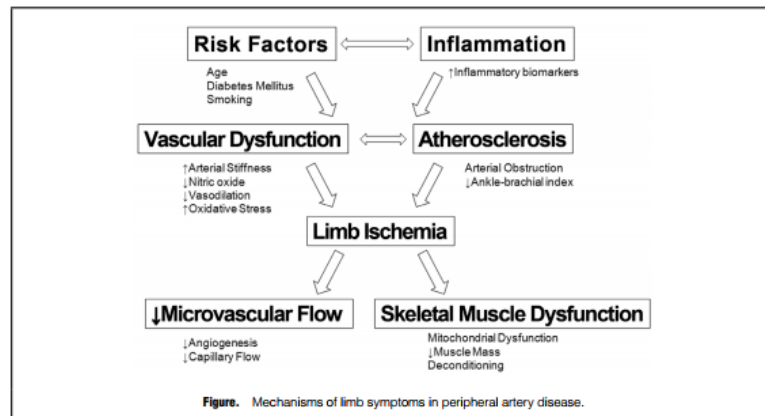


Figure 4 : Mechanisms of limb symptoms in peripheral artery disease (25)

Ces dysfonctions musculaires se retrouvent essentiellement au niveau des muscles du membre inférieur et touchent plus particulièrement les gastrocnémiens. Des biopsies musculaires ont révélé une altération de la section transversale, du grand axe, du petit axe ainsi que du périmètre des myofibrilles. Ajouté à cela, les fibres du muscle présentaient une forme anormale et une rondeur particulièrement accrue (26). Tous ces facteurs sont prédictifs d'une musculature altérée et retiennent sur les capacités fonctionnelles de la personne atteinte.

D'autres examens tel que la tomographie nous montrent une diminution de la densité et du volume musculaire au profit d'une augmentation de la masse grasseuse (26). Cette morphologie spécifique est étroitement liée à la force musculaire : le gastrocnémien du patient artéritique à une fatigabilité majorée, altérant ainsi le périmètre de marche (27).

2.7.1. Altération mitochondriale

L'athérosclérose est bien plus qu'une simple pathologie occlusive des membres inférieurs. En effet, la répétition des épisodes ischémiques produit un effet néfaste sur le métabolisme musculaire. L'énergie stockée dans les molécules d'adénosine triphosphate (ATP) et servant de combustible aux muscles est produite grâce au phénomène de « phosphorylation oxydative » localisé dans les mitochondries. Il a été démontré que le patient artéritique avait un niveau de phosphorylation oxydative plus élevé caractérisé par une hausse d'acylcarnitine, suggérant ainsi une oxydation incomplète et donc un métabolisme mitochondrial ralenti (25).

En complément, la masse mitochondriale présente dans le tissu musculaire des patients se trouve être plus élevée que la normale. Cependant, les complexes mitochondriaux fonctionnant au ralenti, empêchent une génération d'ATP optimale. L'altération de la fonction mitochondriale impacte négativement l'utilisation d'oxygène et favorise le dysfonctionnement endothélial du fait d'une mauvaise bio-activité des oxydants nitriques (25,28).

Le phénomène « d'ischémie-reperfusion » subit par le muscle lors de l'alternance des phases d'effort et de repos, endommage les fibres musculaires, perturbe la fonction mitochondriale et favorise l'apoptose. Il en découle des capacités fonctionnelles réduites de par la baisse de masse musculaire et l'altération du type de fibre musculaire (29).

2.7.2. Impact sur le travail musculaire

En excentrique

Le terme excentrique est utilisé afin de qualifier un travail du muscle en allongement. Ce type de travail permet une dissipation de l'énergie mécanique lorsqu'un corps cherche à décélérer. Le travail excentrique est retrouvé entre autres dans la marche en pente descendante où le quadriceps et les fléchisseurs plantaires se contractent en allongement à but freinateur du mouvement.

Hill fut l'un des premiers à s'intéresser au travail excentrique du muscle il y a maintenant près d'un siècle. Il constata que le travail excentrique demandait moins d'énergie que le travail concentrique pour effectuer un travail de charge égale. Sa théorie, vérifiée de nombreuses fois, sert toujours de référence (30).

A coût métabolique équivalent, la force développée par le travail excentrique est supérieure au travail concentrique. Ce phénomène était en partie expliquée par Huxley et sa théorie des ponts croisés (31). Cette dernière, valable mais incomplète à l'époque, a été mise à jour suite à la découverte du rôle de la titine, une protéine sarcomérique impliquée dans la régulation de l'élasticité des sarcomères. Cette protéine pouvant se lier à l'actine, modifie les propriétés mécaniques de ses sarcomères en diminuant son effet de « ressort actif ». Une rigidité est obtenue, augmentant alors la force lors d'un étirement musculaire actif (32).

Chez le patient arthritique il a été démontré qu'il n'existe pas de différence de force musculaire lors d'un travail excentrique par rapport à la personne saine (33).

Peu d'études se sont intéressées à la force excentrique endurante du patient. Cependant, les résultats retrouvés dans la littérature affirment que la force endurante des patients arthritiques dans un mode de contraction excentrique n'est pas altérée (33).

En concentrique

Le terme concentrique est utilisé afin de qualifier un travail du muscle en raccourcissement. Lors d'une contraction, le muscle exerce une force sur l'articulation via sa jonction tendineuse ayant pour but de créer un mouvement par modification de l'angle de l'articulation.

Une diminution de la force concentrique peut être observée chez le patient claudicant (33). Cette diminution de force concentrique est notamment retrouvée au niveau des fléchisseurs plantaires altérant ainsi la marche lors de la phase de propulsion (32, 33). Phase d'autant plus coûteuse en énergie que le terrain est pentu (36).

Tout comme la force musculaire, l'endurance musculaire lors d'un travail concentrique se retrouve altérée. Une diminution de cette endurance est retrouvée sur le membre symptomatique. Cette diminution peut en partie être expliquée par le fait que le mode concentrique consomme davantage d'énergie que le mode excentrique (entre 14 et 20%). De plus, l'altération du flux sanguin pourrait jouer un rôle dans cette diminution de force et d'endurance musculaire. En effet, une contraction concentrique demande une pression sanguine plus élevée qu'une contraction excentrique (33).

2.7.3. Altération de la biomécanique de la marche

Lorsque les patients atteints d'A.O.M.I. se déplacent, leur marche se retrouve modifiée de manière consciente ou non par différents moyens de compensation. Ils cherchent notamment à réduire au maximum leurs douleurs en minimisant l'utilisation des muscles algiques tel que le triceps sural (37). Cette économie lors de la locomotion a été mise en avant par de nombreux auteurs tel que Gardner *et al.* ou encore Gommans *et al.* Ces derniers expliquent que la marche est altérée en termes de cadence, de vitesse de marche, de longueur du pas et de temps de double appui (37–39). Scymzack *et al.* publiera une étude en 2018 globalement en

accord avec les deux groupes précédents (40). Gommans *et al.* évoquent également une altération des amplitudes articulaires du membre inférieur, notamment au niveau de la cheville avec une réduction d'amplitude de flexion dorsale de 41% lors du contact initial du pied au sol et une diminution de 45% de flexion plantaire lors de la phase de propulsion. Ces résultats concordent avec l'étude menée par Myers *et al.*, indiquant une modification des amplitudes de cheville (41).

Au vu de ces modifications biomécaniques, musculaires et métaboliques, la marche se retrouve altérée. La déambulation en pente imposant des contraintes différentes au niveau musculaire et articulaire, il est légitime de se demander comment le processus ischémique et la douleur du patient artéritique sont affectés.

2.8. Rappel de la question de recherche

Selon le modèle PICO, la question de recherche se présente de cette manière :

P : population atteinte d'artérite oblitérante des membres inférieurs à stade de claudication

I : réalisation du test sur une pente donnée à vitesse déterminée

C : réalisation du test sur d'autres inclinaisons à la même vitesse

O : périmètre de gêne différent en fonction de la pente testée

Ainsi, au sein d'une population touchée par l'A.O.M.I. au stade de claudication, la réalisation d'une épreuve sur pente et vitesse fixe influe-t-elle l'arrivée de la claudication intermittente par rapport à une autre pente déterminée ?

Autrement dit, est-ce que le seuil ischémique est influencé par la pente ?

L'hypothèse de départ est que la pente négative peut induire des claudications d'efforts moins précoces et des douleurs moins prononcées. Le but de cette étude est de vérifier ces conjonctures.

3. MATERIELS ET METHODES

3.1. Stratégie de recherche

Les articles francophones et anglophones ont été utilisés afin de répondre à la question de recherche. Les banques de données Science direct, Pubmed (Medline), Cochrane Library, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Google scholar, Research Gate ainsi que le site de la H.A.S. ont été consulté. Certaines des références bibliographiques font également partie de la littérature grise. Confrontées à un faible nombre de résultats, les recherches ont dues être élargies à une durée supérieure à 5 ans. Quelques articles anciens, mais servant encore de références, ont également été inclus. Les références citées dans la première partie sont issues à partir des mots clés suivants : « Peripheral Arter* disease OR PAD OR Atherosclerosis » « Limb ischem* OR intermittent claudication », « Metabolic », « Concentric OR Eccentric », « Incline walk* OR Uphill OR Downhill OR slope ».

Des recherches par combinaison de mots clés ont été effectuées sur Pubmed afin de trouver des études en lien avec notre problématique. Voici une liste non exhaustive d'équations de recherches : ((Peripheral arter* disease OR PAD) AND (incline walk OR slop*) AND (intermittent claudication OR leg ischem*)) (n=22), ((Peripheral arter* disease OR PAD) AND (treadmill or walk) AND (incline OR gait OR slope OR gradient)) (n=77), ((ischem* OR intermittent claudication OR pain) AND (incline OR slope OR gradient OR gait) AND (PAD OR peripheral arter* disease)) (n=161), (intermittent claudication OR ischem*) AND (treadmill) AND (slope OR incline OR gradient) (n=8).

Suite à ces recherches, le constat est que la littérature concernant le sujet était quasiment inexistante. Les études se rapprochant le plus de la problématique se basent souvent sur le protocole de Strandness à pente constante (3,2km/h et 10% de pente), cependant, aucune n'évalue la survenue du seuil ischémique du sujet artéritique sur différentes pentes. Les articles jugés pertinents à la compréhension de l'étude ont tout de même été inclus. Les références bibliographiques figurant dans les articles sélectionnés ont également été étudiées afin de compléter ces recherches.

3.2. La population

L'étude a débuté le 1^{er} octobre 2019. Les participants résidaient tous en Lorraine et participaient au programme de réadaptation cardio-vasculaire du C.H.U. de Brabois au centre Louis Mathieu. Chacun des sujets a reçu la totalité des informations nécessaires à la compréhension et au déroulement de l'étude avant de signer un formulaire de consentement éclairé (ANNEXE V). Au total, 3 patients ont adhéré au protocole. La prise de mesure se déroulait sur 3 semaines et s'inscrivait dans le cadre du programme de réadaptation cardiaque des patients afin d'éviter tout investissement de temps supplémentaire de leur part. Au vu du faible échantillon évalué, il est évident que les données seront traitées sous forme d'analyse descriptive et non analytique.

3.3. Les critères d'inclusion

Les critères d'inclusion retenus étaient similaires à ceux retrouvés dans la littérature étudiant la réadaptation cardiaque de l'artérite.

- Index de pression systolique <1 (diagnostic A.O.M.I.) ;
- Patients A.O.M.I. de tout sexe âgé de 55 à 80 ans (tranche d'âge comportant le plus de patients atteints. Une personne de plus de 80 ans étant considérée comme inapte à la marche sur tapis roulant) ;
- Patients présentant des claudications intermittentes à la marche (stade II de la classification de Leriche et Fontaine) ;
- Patients pouvant déambuler sur tapis roulant sans gêne neurologique, respiratoire ou ostéo-articulaire ;
- Patients ayant des claudications intermittentes apparaissant habituellement entre 100 et 1000m (évalué subjectivement) ;
- Avoir signé le formulaire de consentement éclairé.

3.4. Les critères de non inclusion

Les critères de non inclusion s'appliquent en amont de l'étude. Ces derniers sont :

- Patients intolérants à l'effort du fait d'un facteur autre que l'A.O.M.I. (traumatique par exemple) ;
- Diabète mal contrôlé et instable ;
- Patients ayant des antécédents autres que vasculaires et empêchant la réadaptation cardio-vasculaire ;
- Patients instables sur le plan cardio-vasculaire ;
- Présence d'une dissection ou d'un anévrisme aortique ;
- Patients amputés ;
- Ulcères ;
- Patients revascularisés chirurgicalement au niveau des membres inférieurs (pontage, stents...) ;
- Patients présentant des claudications intermittentes d'origine autre que vasculaire (sténose du canal lombaire par exemple) ;
- Patients de plus de 80 ans.

3.5. Les critères d'exclusion

Les critères d'exclusion regroupent tous les événements pouvant survenir durant le protocole et compromettre le déroulement de l'étude. Ainsi ont été déterminés ces critères :

- Décès ;
- Perte de vue du patient ;
- Revascularisation chirurgicale ;
- Evènement traumatique ;
- Pathologie tumorale, infectieuse ou évolutive.

3.6. Protocole d'étude

3.6.1. Information et consentement de l'étude

Lors de l'arrivée du patient en service de réadaptation cardio-vasculaire, une lettre d'information et une fiche de consentement lui ont été transmises en conformité avec les lois de Nuremberg de 1947. Un délai suffisant de réflexion lui était accordé (le délai était fixé à 48h). Les mesures se faisaient de manière individuelle sur chaque patient. Un accès au vestiaire était autorisé à chaque séance afin de permettre au patient d'adopter une tenue adéquate au protocole (chaussures de marche, short ou jogging). Le protocole était détaillé de manière précise et l'examineur répondait à toutes leurs interrogations durant les prises de mesures.

Les patients étaient avertis des risques du test (douleur de crampes en particulier) et libres de mettre fin au protocole à tout moment, sans retentissement sur leur prise en charge habituelle.

Des informations concernant leur pathologie étaient demandées tels que l'âge, le sexe, les facteurs de risques (tabac, dyslipidémie...) afin de dresser un profil de la personne (ANNEXE VI).

3.6.2. Déroulement du protocole

Le test de marche préalable :

Un test de marche de 6 minutes (TDM6) était réalisé en amont afin de déterminer la vitesse de marche du patient et obtenir un aperçu du périmètre de marche de la personne. Ce test, facile à réaliser, ne nécessitant aucun équipement et présentant une grande fiabilité test-retest fait de lui une référence dans la prise en charge du patient artéritique et est effectué de manière quasi systématique en début de réadaptation (42).

Ce test s'effectuait dans un couloir de 30 mètres au sein du CHU de Brabois. Il était demandé au patient d'effectuer la plus grande distance possible en 6 minutes. Le patient pouvait s'arrêter à tout moment si des claudications se déclaraient afin de faire diminuer la douleur. Le chronomètre continuait même en cas de pause du patient. Au bout des 6 minutes

imparties, le périmètre de marche était relevé et la vitesse de marche du patient était calculée grâce à la formule $v=d/t$ avec v la vitesse en km/h, d la distance parcourue en kilomètres et t le temps en heures.

Début du protocole :

Le test sur tapis roulant débutait lorsque le patient était accommodé à l'appareil. Une séance d'entraînement au minimum était prodiguée au patient afin qu'il se familiarise avec le tapis roulant. Cette séance se déroulait selon les modalités de prise en charge du centre Louis Mathieu. A chaque début de prise de mesure, la tension était prise et les patients étaient scopés afin d'avoir un suivi cardiaque durant l'épreuve et pouvoir arrêter le protocole en cas de problèmes.

Six mesures par patient étaient nécessaires à la réalisation de cette étude. Deux mesures étaient prises chaque semaine avec une durée minimale de 24h de repos entre deux mesures. Le protocole se déroulait sur trois semaines du fait que les mesures étaient prises durant les séances de réadaptation des patients. Le planning du CHU permettait aux patients de venir deux fois par semaine effectuer leur réadaptation. Cette durée de trois semaines correspond à l'intervalle de temps minimal pour prendre toutes les mesures nécessaires tout en respectant un temps de repos d'au moins 24h entre deux séances. La durée totale du protocole était de quatre semaines. En effet, une semaine en amont des prises de mesures était consacrée à l'adhésion du patient au protocole (information et consentement), ainsi qu'à la réalisation du TDM6 et d'une séance d'entraînement à visée d'accommodation.

Les mesures étaient répertoriées sur une fiche de mesure respectant l'anonymat de la personne (ANNEXE VII) puis retranscrites dans un tableau EXCEL.

Le test se réalisait à vitesse de confort du patient déterminée précédemment grâce au test de marche de 6 minutes. Les mesures se faisaient sur trois pentes différentes : -5%, 0% et +5%.

Chaque pente était évaluée deux fois afin d'augmenter la fiabilité des mesures, ce qui correspondait à un total de six mesures par patient. Ces six mesures étaient divisées en deux séries de trois mesures chacune. Les trois mesures d'une série évaluaient les trois pentes

définies précédemment. Afin d'éviter toute accommodation avec le protocole, les pentes évaluées étaient classées dans un ordre aléatoire lors de la première série. L'ordre de la deuxième série se calquait sur la première afin de limiter au maximum « l'effet entraînement du patient ».

Du fait que le patient déambulait à vitesse de confort, la phase d'échauffement n'a pas été jugée nécessaire.

3.6.3. Les critères de jugement

Les paramètres relevés à l'issue de chaque évaluation sont regroupés dans le tableau ci-dessous (Tableau II) :

Paramètre relevé	Unité de mesure
Vitesse de marche	Km/h
Périmètre de marche sans gêne	Mètres
Périmètre de marche avec gêne	Mètres
Douleur à l'apparition de la gêne	Echelle numérique
Périmètre de marche absolu	Mètres
Douleur à l'arrêt de la mesure	Echelle numérique

Tableau II : Tableau récapitulatif des paramètres relevés lors de la prise de mesure

Les constantes vitales étaient surveillées tout au long de l'épreuve mais ne constituaient pas un critère de jugement. Elles veillaient à nous informer de l'état du patient.

L'épreuve était poursuivie jusqu'à ce que la douleur ne permette plus de continuer la marche (supérieure ou égale à 7/10 sur l'EN) ou que les constantes cardiaques nécessitent un arrêt du protocole.

Le test s'arrêtait au bout de 30 minutes si aucune claudication ne se déclarait. Cette limite fut choisie arbitrairement de manière à ce que l'épreuve ne s'éternise pas en cas de non apparition de critère de jugement.

Consignes à donner au patient :

« Vous allez effectuer un test de marche à votre vitesse de confort sur une pente déterminée. Ce test est à faire avec vos chaussures de marche. Marchez normalement sur le tapis roulant jusqu'à ce que vous ne puissiez plus continuer. Lorsqu'une douleur commence à apparaître dans vos jambes, indiquez-nous où et à combien l'évaluez-vous sur une échelle allant de 0 à 10. En sachant que 0 correspond à : aucune douleur et que 10 correspond à : une douleur maximale imaginable. Continuez l'effort tant que possible. Lorsque vous estimez que la douleur est supérieure ou égale à 7/10 selon votre échelle de douleur, signalez-le. Le test prendra fin, nous arrêterons le tapis roulant et vous pourrez vous asseoir sur la chaise derrière vous ».

Vous devez également respecter 2 règles :

Règle n°1 : les barres latérales de sécurité ne doivent pas être utilisées afin de soulager votre poids. Vous pouvez néanmoins les utiliser en cas de déséquilibre.

Règle n°2 : le tableau de commande situé devant vous ne doit pas être utilisé afin de modifier la vitesse ou la pente imposée. En cas de problèmes ou d'évènements indésirables, le thérapeute interviendra dans les plus brefs délais.

3.7. Matériels nécessaires

3.7.1. Le tapis Enraf-Nonius®

Afin de permettre une plus grande reproductibilité intra et interindividuelle, un seul et même tapis de marche fut utilisé. L'Enraf-Nonius® a été choisi du fait de ses caractéristiques (Figure 5). Son inclinaison pouvant varier entre -10% et +15% par tranche de 0,5% et sa vitesse pouvant être ajustée par tranche de 0,1km/h entre 0,4 et 18km/h offrent une grande adaptabilité pour les mesures à effectuer. Ses barres latérales de sécurité et sa facilité d'utilisation font de lui notre choix pour ce protocole.



Figure 5 : Tapis Enraf-Nonius à pente négative

3.7.2. Le petit matériel

- Un électrocardiogramme et ses électrodes afin de surveiller les constantes du patient (fréquence cardiaque, rythme cardiaque) ;
- Un tensiomètre afin de contrôler la pression artérielle ;
- Un saturomètre afin de surveiller la saturation en oxygène ;
- Un chronomètre pour contrôler les limites temporelles du test de 6 minutes et le déroulement du protocole ;
- Une échelle numérique (E.N.) ;
- Stylos et feuilles de recueil de données.

3.7.3. Récapitulatif du déroulement du protocole

Les patients inscrits au sein du programme de réadaptation cardiaque venaient 2 fois par semaine au centre Louis Mathieu du CHU de Brabois afin de suivre leur rééducation. Cette rééducation se déroulait sur 10 semaines. Elle s'organisait par créneau de trois heures au sein desquelles ils ont eu de la musculation, de la gymnastique, de l'éducation thérapeutique ainsi que de l'endurance. Les mesures étaient prises durant le créneau d'endurance selon la chronologie décrite ci-dessous durant 3 semaines (Figure 6).

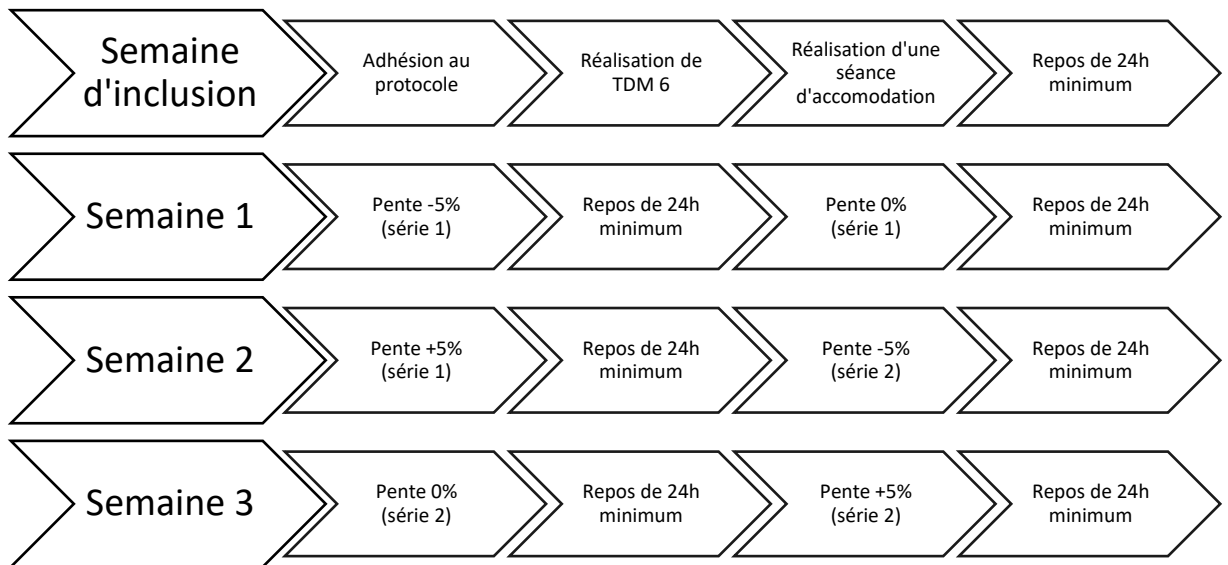


Figure 6 : Chronologie possible du protocole pouvant être réalisée sur un des patients

3.8. Méthode statistique

Pour chaque participant, plusieurs paramètres étaient enregistrés (âge, sexe, taille, poids, IMC, facteurs de risques). Ces données étaient reportées dans un tableau de manière anonyme.

Les résultats étaient présentés de manière individuelle du fait d'un échantillon trop faible pour suivre le cours d'une loi normale et en faire ressortir une différence cliniquement significative. Ainsi chaque patient était son propre témoin dans l'analyse des résultats.

La première partie des résultats était consacrée à la présentation des performances individuelles de chaque patient. Les périmètres de gêne et de marche étaient représentés sous forme d'histogramme afin de visualiser de manière globale les différentes distances effectuées. Cette représentation graphique a été choisie de manière à inclure une notion de temporalité. Les mesures ont été rentrés de manière chronologique afin de faire ressortir « l'effet entraînement » s'il a lieu d'être.

Les périmètres de gêne et de marche étaient ensuite comparés entre les différents sujets afin de vérifier quelle est l'évolution du périmètre de gêne en fonction de la pente.

Enfin, une normalisation relative à la pente neutre et exprimée en pourcentage est effectuée. Cette différence delta est comparée entre les divers sujets afin de voir si elle se retrouve de manière constante ou non.

Cette normalisation se fait grâce aux formules suivantes :

Pour la normalisation sur pente négative : $((P.G. -5\%) - (P.G. 0\%)) / (P.G. 0\%) * 100$

Pour la normalisation sur pente positive : $((P.G. +5\%) - (P.G. 0\%)) / (P.G. 0\%) * 100$

Les périmètres de gênes étant issus d'une même série et d'un même patient.

4. RESULTATS

4.1. Caractéristiques de la population

Au total, trois personnes ont adhéré au protocole préliminaire. Ci-dessous se trouve un descriptif du profil des patients :

- Le patient A est un homme de 66 ans tabagique actif, dyslipidémique de nature stressée et possédant un IMC < 25 kg/m². Artéritique de stade IIa depuis six ans, il ne fait quasiment plus d'activité physique et limite ses déplacements au maximum pour éviter les douleurs de claudication. Lors du TDM6, il réalise une distance de 300m ce qui correspond à une vitesse de marche de 3km/h.

- Le patient B est un homme de 72 ans, ayant un terrain héréditaire de pathologie artérielle. Artéritique de stade IIa, c'est un fumeur sevré depuis 2012 possédant d'autres facteurs de risques tels que la dyslipidémie, l'hypertension artérielle, la sédentarité et ayant un IMC > 25 kg/m². Artéritique depuis plus de 10 ans, il reste actif dans sa vie quotidienne en pratiquant des activités comme la marche ou le bucheronnage. Il avoue cependant être moins actif qu'avant ces derniers temps. Lors du TDM6, la distance effectuée est de 370m ce qui correspond à une vitesse de marche de 3,7km/h.

- Le patient C est une femme de 59 ans ayant un terrain héréditaire de la maladie. Classifiée comme artéritique de stade IIa, elle est tabagique, dyslipidémique, possède un IMC > 40 kg/m², sédentaire et de nature stressée. Elle ne pratique aucune activité physique et ne descend les escaliers de son domicile que de manière exceptionnelle (elle habite au 3^{ème} étage sans ascenseur). Lors du TDM6, 350m sont parcourus ce qui représente une vitesse de marche de 3,5km/h.

Un tableau regroupant le profil des patients a été inclus ci-dessous (Tableau III) :

	Sexe	Age	IMC (kg/m ²)	Stade de l'artérite	Vitesse de marche (km/h)	Facteurs de risque
Patient A	Masculin	66	<25	Stade IIa	3	Tabagisme actif dyslipidémie, stress, sédentarité
Patient B	Masculin	72	>25	Stade IIa	3,7	Hérédité, fumeur sevré, surpoids, sédentarité, hypertension
Patient C	Féminin	59	>40	Stade IIa	3,5	Hérédité, tabagisme actif, dyslipidémie, obésité, sédentarité, stress

Tableau III : Tableau synthétique du profil de l'échantillon étudié

4.2. Résultats des différentes mesures individuelles

4.2.1. Patient A

L'ordre de tirage au sort des pentes pour le patient A est : 0%, -5%, +5%. La vitesse de marche du patient est de 3 km/h.

Série 1 :

Concernant les distances effectuées sur la pente de 0%, une distance sans gêne de 52m est parcourue par le patient lors de la première mesure. A ce stade il cote sa douleur à 3/10 à l'EN et poursuit le test jusqu'à atteindre 225m, distance à laquelle il décide d'arrêter le test en cotant sa douleur à 7/10 (Figure 7).

Sur la pente de 5%, une distance de 45m est effectuée avant l'apparition d'une gêne évaluée à 3/10. 42m sont encore parcourus par le patient afin de totaliser 97m à l'arrêt test suite à une douleur à 7/10.

Lors de la première mesure sur pente à -5%, le patient parcourt 125m avant de voir apparaître une gêne qu'il cote à 2/10 à l'échelle numérique (E.N.). Il continue la marche jusqu'à atteindre une distance de 431m. Lors de l'arrêt de l'exercice il cote sa douleur au niveau du mollet droit à 6/10.

Série 2 :

Lors du deuxième essai sur pente neutre, la distance de gêne se déclare à partir de 173m avec une douleur évaluée à 3/10 selon le patient. Il poursuit l'effort jusque 335m et arrête l'épreuve suite à une douleur estimée à 8/10 dans le mollet droit.

La deuxième prise de mesure sur pente positive fait ressortir une distance sans gêne estimée à 72m. A partir de là, le patient ressent une gêne dans le mollet droit à 3/10. La distance totale effectuée avant arrêt du test sera de 211m et une douleur évaluée à 7/10 dans le membre inférieur droit.

A la seconde mesure sur pente descendante, une distance de 580m est effectuée sans douleurs. A partir de cette distance, le patient indique une gêne cotée à 3/10 à l'EN. Le test continue jusqu'à ce que le patient s'arrête au bout de 660m avec une douleur évaluée à 5/10 à l'EN. Le test est stoppé par l'évaluateur au vu de compensations à la marche trop nombreuses entraînant une altération très prononcée de la déambulation.

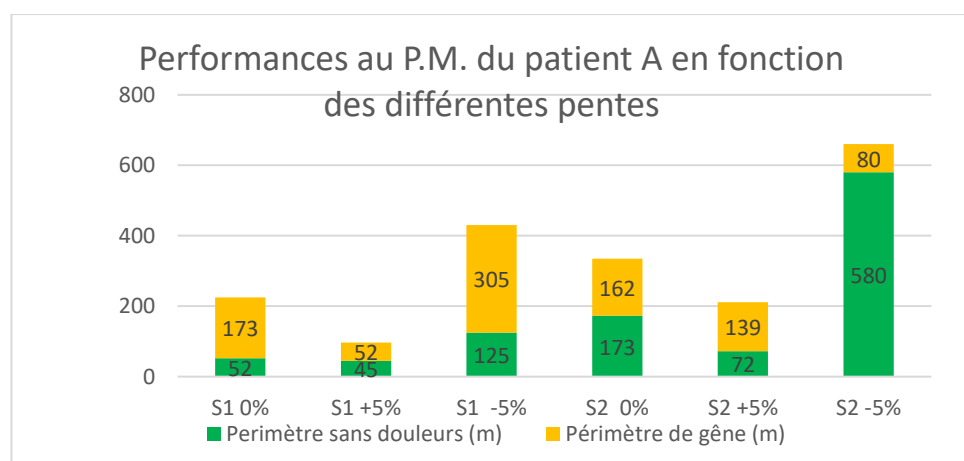


Figure 7 : Performances au P.M. du patient A en fonction des différentes pentes

4.2.2. Patient B

L'ordre de tirage au sort des pentes pour le patient B est : -5%, 0%, +5%. La vitesse de marche du patient est de 3,7 km/h.

Série 1 :

Lors de la première mesure effectuée sur la pente de -5%, le patient B ressent une gêne après 1575 mètres. Elle est évaluée à 3/10 à l'EN au niveau de la jambe gauche. Le test prend fin au bout du temps imparti de trente minutes. Une distance de 1850m est alors effectuée et la gêne dans la jambe est estimée à 5/10 (Figure 8).

Durant la marche sur pente neutre, le patient B ressent une gêne au bout de 630m dans le mollet gauche et l'estime à 3/10. Il parvient à continuer l'effort jusqu'à la sensation d'une douleur cotée à 8/10 au bout de 1710m.

L'évaluation sur pente positive fait ressortir une gêne après 330m de marche et cotée à 3/10 à l'EN. Au final, 1350m sont parcourus avant arrêt du test suite à une douleur dans la jambe gauche s'élevant à 8/10.

Série 2 :

La deuxième mesure sur pente négative révèle un périmètre de gêne apparaissant à 1450m et évalué à 3/10 toujours au niveau de la jambe gauche. La marche est poursuivie jusqu'à atteindre une deuxième fois la limite de temps. 1850m sont parcourus et la douleur est cotée à 3/10.

Au deuxième essai sur pente neutre, 780m sont parcourus avant l'apparition d'une gêne quantifiée à 3/10 dans la jambe gauche. Finalement, le sujet parvient à atteindre la limite de temps. 1850m sont totalisés à la fin de l'épreuve avec une douleur évaluée à 6/10.

Lors de la seconde mesure effectuée sur pente positive à 5%, une gêne évaluée à 3/10 ressort après 380m de marche. La marche reste cependant possible jusqu'à 1450m, distance à laquelle le test s'est arrêté suite à une douleur à 8/10.

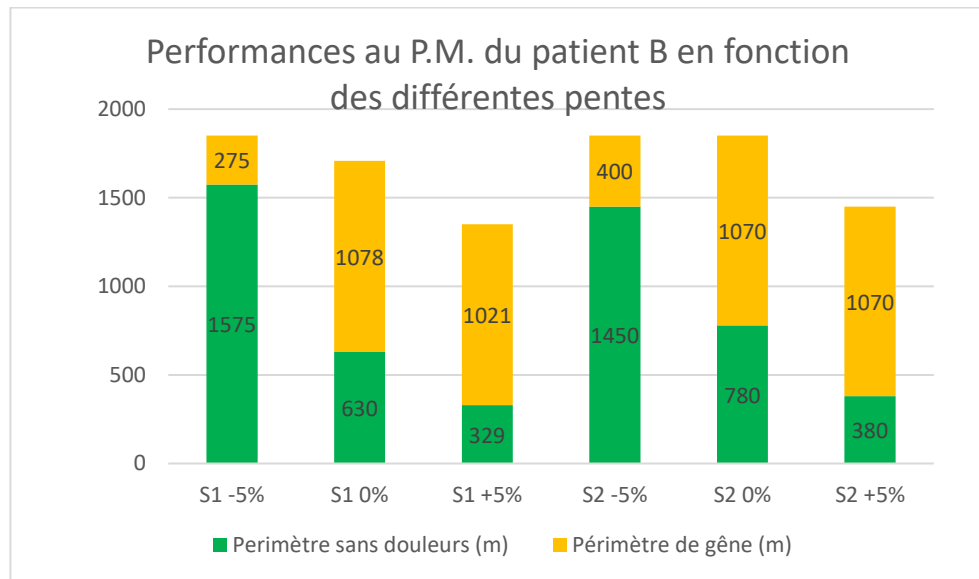


Figure 8 : Performances au P.M. du patient B en fonction des différentes pentes

4.2.3. Patient C

L'ordre de tirage au sort des pentes pour le patient C est : -5%, +5%, 0%. La vitesse de marche du patient est de 3,5 km/h.

Série 1 :

Durant la marche sur la pente négative, la patiente C ressent une gêne au bout de 166m qu'elle estime à 3/10. Le test continue jusqu'à ce que la douleur atteigne 7/10 à l'E.N. et que la patiente mette fin à l'épreuve après 312m. La douleur est localisée au niveau du mollet droit (Figure 9).

La première gêne sur la pente de +5% fait son apparition au bout de 110m lors du premier essai. Cette gêne est évaluée à 4/10 par la patiente au niveau du mollet droit. L'effort est poursuivi jusqu'à atteindre 290m, distance à partir de laquelle la douleur se chiffre à 7/10.

La pente neutre fait ressortir une gêne au bout de 290 mètres et évaluée à 3/10 à l'E.N. La douleur était localisée au même endroit que pour la pente négative. A l'issue du test, 800m ont été parcourus et la douleur s'élevait à 6/10 à l'arrêt de l'effort.

Série 2 :

Sur pente négative, 1460m sont effectués avant l'apparition d'une gêne cotée à 3/10 dans le mollet droit. Au final, la patiente déambule jusqu'à ce que le test s'arrête au bout de trente minutes. La douleur est quantifiée à 3/10 et la distance effectuée est de 1750m.

Le deuxième test de la série de mesure sur pente positive objective une distance de marche sans douleurs de 230m. A partir de cette distance, une gêne à 3/10 se fait ressentir. Le test a été poursuivi jusqu'à son arrêt à une distance de 340m et une douleur cotée à 7/10.

830m sont parcourus sur la pente neutre avant de ressentir une gêne estimée à 3/10. Le deuxième essai sur pente neutre se clôture par un périmètre de marche de 1680m à l'arrêt de l'effort et une douleur à 7/10 sur l'échelle numérique.

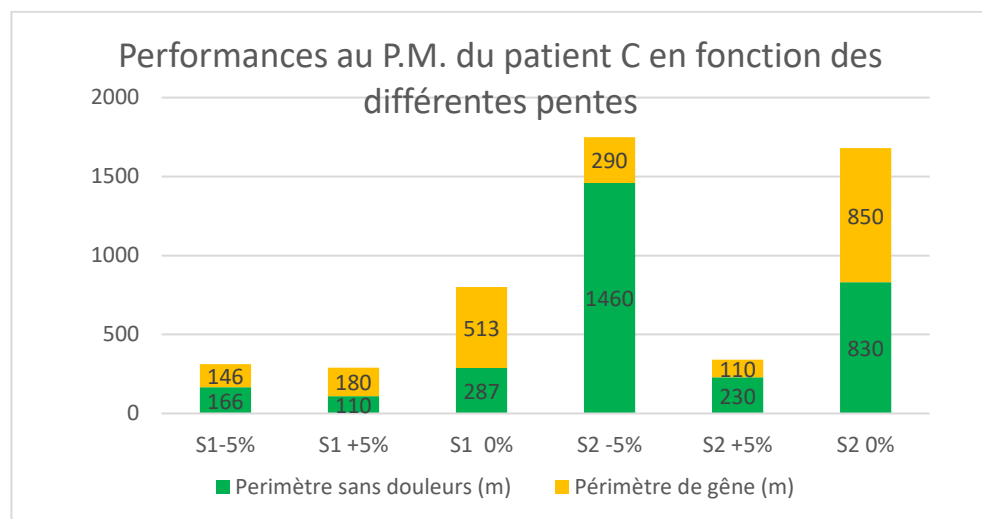


Figure 9 : Performances au P.M. du patient C en fonction des différentes pentes

4.3. Comparaison des périmètres de gêne inter-individus

En regardant les périmètres de gêne et leur évolution en fonction de la pente, il est important de constater que la tendance globale est à l'avantage de la pente négative, suivie de la pente neutre pour enfin laisser place à la pente positive en dernière position (Figure 10).

C'est sur pente négative que l'apparition de la gêne est la plus retardée chez les trois patients ayant effectué le protocole. La distance parcourue sur pente de -5% avant apparition de la gêne reste cependant très fluctuante et patient-dépendante.

La série 1 du patient C attire tout de même l'attention. En effet, contrairement aux autres séries de mesure, la distance de marche sans gêne est plus faible sur pente négative que sur pente neutre avec une distance de 166m pour la pente de -5% et de 287m pour la pente de 0%.

Sur toutes les séries effectuées, le périmètre de gêne sur pente positive est celui qui apparaît le plus précocement. Tout comme les autres valeurs, elles restent très patients-dépendantes, il n'existe pas de valeur seuil à partir de laquelle la gêne apparaît.

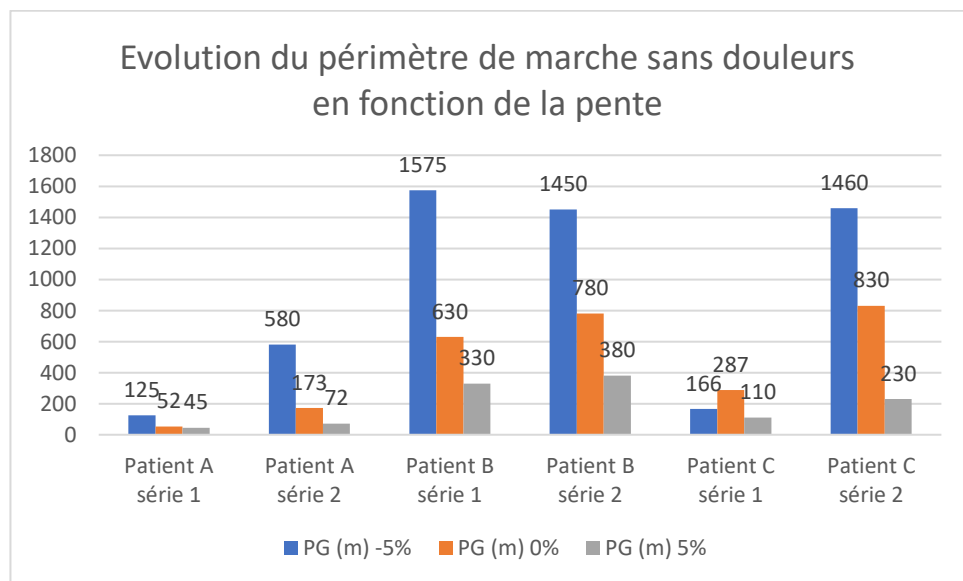


Figure 10 : Evolution du périmètre de marche sans douleurs en fonction de la pente

4.4. Comparaison des périmètres de marche inter-individus

Les périmètres de marche fluctuent également en fonction de la pente (Figure 11). La tendance est à l'avantage de la pente négative également. La différence reste cependant moins flagrante que pour le périmètre de gêne. Les raisons seront détaillées dans la discussion.

Le patient A a des périmètres de marche de plus en plus faibles au fur et à mesure que la pente augmente. Ces données suivent la tendance des périmètres de gêne précédents. Aucune des mesures de ce patient n'ont été bridées par la limite imposée de trente minutes.

Les distances de marche effectuées par le patients B sont de 1850m pour les deux essais sur pente négative ainsi que pour une des deux mesures effectuées sur la pente à 0%. Cette distance correspond à la limite maximale possible lors de l'arrêt du test. Cette limite n'a pas été atteinte par le sujet sur pente positive.

Sur les six mesures relevées lors de la marche du patient C, une seule a été bridée par les trente minutes imposées. Il s'agit de la seconde mesure sur pente négative. Les autres essais ont pris fin avant la limite de temps. Les distances parcourues sur pente neutre restent plus élevées que sur pente positive.

Sur la totalité des mesures effectuées, la pente de -5% est celle qui offre les périmètres de marche les plus élevés. Parmi les six mesures effectuées sur cette pente, 50% ont été stoppée par le temps suite à l'absence de douleurs nécessitant l'arrêt de la marche.

La pente de 0% donne des périmètres de marche globalement inférieurs à la pente négative. Une des mesures a cependant atteint la limite maximale et une autre se trouve être largement supérieure aux mesures effectuées sur pente négative.

Les distances de marche les plus brèves ont été effectuées à l'unanimité sur la pente positive. Aucun des patients n'a pu atteindre la limite de temps. Cette pente fait ressortir les périmètres de marche les plus faibles.

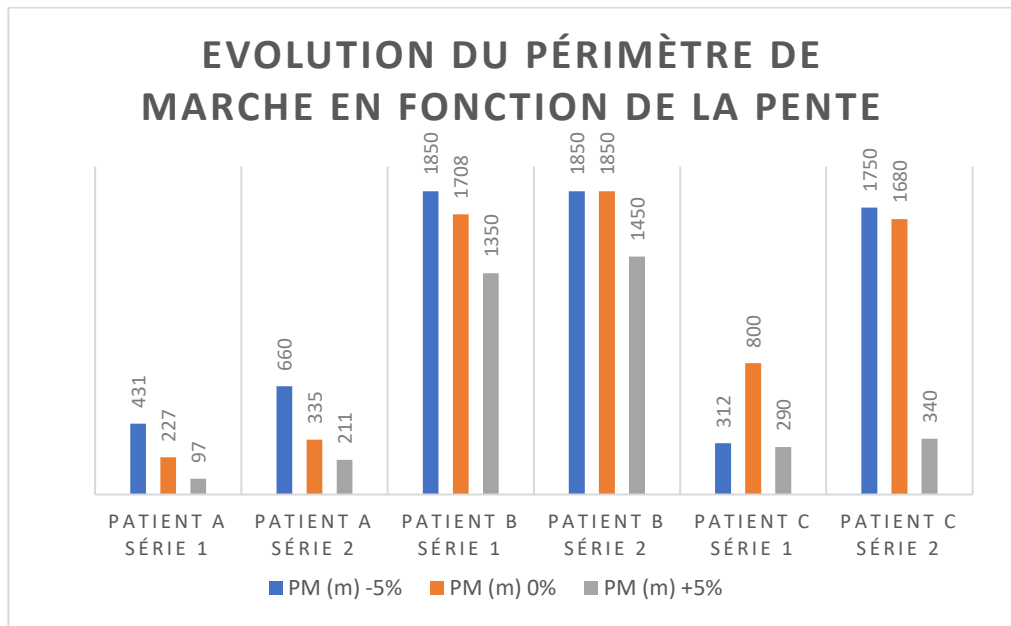


Figure 11 : Evolution du périmètre de marche en fonction de la pente

4.5. Normalisation du périmètre de gêne par rapport à la pente neutre

Il a été décidé de comparer la différence delta relative entre la pente neutre et les pentes graduées de -5 et +5%. Cette différence est exprimée en pourcentage par rapport à la distance effectuée sur pente neutre (Figure 12). La pente neutre correspondant à une inclinaison de 0% a été choisie comme référence pour être comparée aux autres inclinaisons. La neutralité de cette inclinaison fait d'elle notre choix pour cette comparaison par rapport aux inclinaisons de -5 et +5%

Pour rappel, le patient A a une distance sans gêne de 52m sur pente neutre lors de la première série. Cette distance sans gêne se retrouve diminuée de 13% sur pente positive (45m). En revanche la pente négative dévoile une distance sans gêne augmentée de 140% par rapport à la marche sur pente neutre (125m).

Lors de la deuxième série de mesures, les différences sont encore plus marquées. En effet, la distance parcourue sur pente négative est 235% plus grande que la distance effectuée sur terrain plat (173m). Il en va de même pour le périmètre de marche sans douleurs sur pente positive, qui se trouve être réduit de 58% par rapport au pente neutre (72m).

Concernant le patient B, 630m ont été parcourus avant de décréter l'apparition d'une gêne à 0% de pente durant la première série de mesures. Ce périmètre est diminué de 47% lors de la déambulation sur pente positive (330m) et se retrouve augmenté de 150% par rapport à la pente neutre lors de la marche à -5% (1575m).

La deuxième série du patient B se traduit par une augmentation de la distance de marche sans gêne de 85% sur pente négative (1450m) et d'une diminution de 51% lors de la marche à 5% de côte (380m).

La première série du patient C est la seule où peut être observée une diminution du périmètre de marche sans gêne sur pente négative. Cette différence s'élève à hauteur de 42%. En effet, 166 mètres ont été parcourus à -5% contre 287m sur pente neutre. Cette différence reste tout de même moins importante que celle relevée sur pente positive, qui se chiffre à -61%.

Concernant la dernière série, la distance de marche sans claudication était de 830m. En se basant sur cette valeur, une augmentation de 75% peut être observée lors de la marche sur pente descendante (1460m) contrairement à la pente montante qui enregistre une diminution de périmètre égale à -72% (230m).

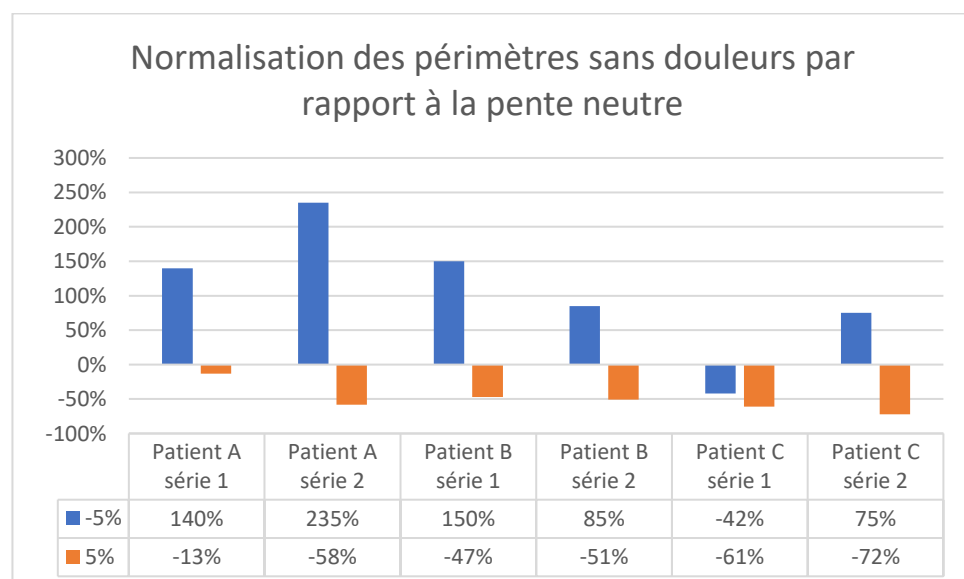


Figure 12 : Normalisation des périmètres sans douleurs par rapport à la pente neutre

5. DISCUSSION

A notre connaissance, aucune étude antérieure n'a établi de lien entre pente et apparition de seuil ischémique chez le patient artéritique. Les résultats de cette étude préliminaire sont donc à prendre avec du recul. L'objectif était d'identifier si l'une des trois pentes présentait un avantage en termes de périmètre de gêne, de marche et de douleurs dans le cadre de la réadaptation du patient artéritique. Cependant, aucune conclusion ne peut être tirée. Le but premier était surtout d'apprécier la faisabilité de ce protocole afin d'en faire ressortir les points faibles et ainsi proposer des solutions pour faciliter sa réalisation.

Seulement 3 sujets ont adhéré à ce protocole préliminaire. C'est moins que l'effectif attendu pour ce pré-test. Aucun effectif théorique n'a été déterminé, cependant nous espérons avoir au moins 8 patients sur les 5 mois de mesures.

5.1. Analyse et interprétation des résultats

5.1.1. Le périmètre de gêne

Le test clinique avait comme critère de jugement principal le périmètre de gêne. Au final, 18 périmètres de gêne ont été relevés par l'examineur. A première vue, nous pourrions penser que la pente négative permet un recul du seuil ischémique assez significatif (variant entre -43% et +235% de distance par rapport à la pente neutre). En effet, c'est sur cette pente que les distances sans claudications sont les plus grandes. Arrivent ensuite la pente neutre puis enfin la pente positive en dernière position qui fait ressortir les périmètres sans douleurs les plus brefs. Cependant, la série 1 du patient C est la seule dont le périmètre sur pente négative est inférieur à celui sur pente neutre. Notre pensée se dirigeait sur le fait que la patiente C présentait un IMC bien supérieur aux deux autres (>40kg/m² contre <30 kg/m² pour les deux autres patients). L'énergie développée par la personne afin de freiner la descente et le poids de son corps devenait plus élevée sur la pente de -5% que sur la pente neutre. Cependant une étude de CZ. Zai et AM. Grabowski montre que même à poids de corps élevé, le coût métabolique de la marche reste moins gourmand sur pente descendante (43).

De plus, si cette hypothèse s'avérait véridique, le même phénomène aurait été observé lors de la deuxième série de mesures sur cette personne.

Cependant nous mettons de côté un facteur beaucoup plus important que nous ne le pensions : la fatigabilité du sujet. En effet la première série a été réalisée en fin d'après-midi à l'inverse des deux autres mesures de la série 1 réalisées le matin. Entre ces mesures s'écoule une journée où la personne est libre de ses faits et gestes et peut à tout moment avoir une activité physique quelconque engrangeant une fatigue et donc des claudications précoces. Le protocole stipulait une durée de repos de 24h minimale qui était contrôlable contrairement à l'activité quotidienne des patients qui ne l'était pas. Après discussion avec la personne, celle-ci nous indiqua qu'elle avait descendu à titre exceptionnel 3 étages à pieds dans la journée, pouvant induire une fatigue et donc des claudications précoces. Le manque d'accommodation au tapis est également un facteur à prendre en compte. La mesure sur la pente de -5% est la première de toute la série à avoir été relevée. Il se peut donc que la patiente manquait d'accommodation avec l'appareil, adoptant ainsi un rythme plus gourmand en énergie et provoquant une claudication précoce.

5.1.2. Le périmètre de marche absolu

Le périmètre de marche absolu avait pour but de donner une estimation de la distance parcourue par le patient de l'apparition de la gêne jusqu'à l'arrêt du test afin de voir si celle-ci variait. Au vu des résultats obtenus, nous pouvons constater que cette variation de périmètre de marche avec gêne n'est analysable que sur certains patients, en particulier le A et le C.

En effet, sur pente négative, les périmètres de marche de l'apparition de la douleur jusqu'à l'arrêt de l'exercice du patient A sont de 306 et 80m. Sur pente neutre, les distances parcourues avec gêne sont respectivement de 175 et 162m et de 52 et 139m sur pente positive. La tendance globale est donc à la diminution du périmètre de gêne lorsque la pente augmente. Cette diminution est due à un arrêt du test plus précoce à cause des douleurs et suggère donc une survenue précoce de l'ischémie lors de l'augmentation de la pente. Le périmètre parcouru avec gêne de 80 mètres et effectué sur pente négative peut interpeller à première vue car ne suivant pas cette tendance globale. Cependant, la distance parcourue durant ce test en « *free pain walk* », c'est-à-dire le périmètre de marche sans douleurs est de 580m et donne au final un périmètre de marche total de 660 mètres constituant la meilleure performance du patient A. Sous ce périmètre de gêne relativement faible se cache en réalité la plus grande distance parcourue sans douleurs. L'ischémie a mis du temps à se manifester lors de cette série mais a évolué très rapidement une fois apparue.

Le patient B a des périmètres de marche absolus peu interprétables. En effet, la moitié des mesures prises sur ce patient ont été stoppées par la limite de 30 minutes. Malgré cela, si nous regardons la douleur ressentie à la fin de chaque mesure, nous nous rendons compte que le patient réagit mieux sur pente négative avec des douleurs cotées entre 5 et 6 à l'échelle numérique à l'arrêt du test (contre 7 ou plus sur le reste). De plus, même si l'épreuve est arrêtée au bout de 30 minutes, le périmètre de marche avec gêne est beaucoup plus restreint sur une pente de -5% que sur les autres pentes, suggérant ainsi une ischémie retardée.

Concernant la patiente C, les distances parcourues entre l'apparition de la gêne et l'arrêt de l'exercice sont de 146 et 290m sur pente descendante, 513 et 850m sur terrain plat, 180 et 110m en montée.

A la différence des patients A et B, les résultats montrent que cette patiente réagit mieux sur terrain plat avec des périmètres de marche globalement plus élevés que les autres données de la série.

Une différence conséquente est observée au niveau du périmètre total des séries 1 et 2 à -5% (320m parcourus la première fois contre 1800 la seconde). D'autant plus que la deuxième série a été stoppée par la limite de trente minutes. Une douleur de 3/10 était ressentie à l'arrêt de ce test, ce qui signifie que la distance obtenue est largement sous-évaluée car la patiente aurait pu continuer à déambuler.

Le faible périmètre effectué au premier essai à -5% peut s'expliquer par un manque d'accommodation au tapis roulant. En effet l'énergie dépensée lors de la marche sur tapis roulant est supérieure à celle sur le sol (44). Sachant que les patients en réadaptation cardiaque sont très souvent déconditionnés à l'effort, ce manque d'expérience en marche sur tapis peut provoquer une ischémie précoce due à un effort fourni supérieur.

5.1.3. Evolution de la douleur

La douleur est une expérience subjective propre à chacun et conditionnée par notre vécu et nos émotions. Lors des explications données sur le fonctionnement de l'échelle numérique au patient, il lui était indiqué que le 0 correspondait à « une absence de douleur » et le 10 à « la douleur maximale imaginable ». Seules les bornes étaient décrites en termes de sensation de douleur, ce qui laissait à chacun une vision propre des différentes valeurs possibles. Le

3/10 du patient A est-il identique à celui du patient B ? De ce fait, la douleur ne peut être comparée de manière inter-individuelle (45).

Cependant, en regardant la douleur de manière intra-individuelle, une information sur la progression du seuil ischémique peut être obtenue. En effet, bien qu'une douleur cotée à 7/10 soit signe d'arrêt de l'épreuve, la cotation de la douleur ressentie à la gêne restait libre de choix pour le patient. Cette cotation propre à chacun permet de quantifier l'intensité des douleurs de claudications. Les cotations de douleurs relevées lors de l'apparition de la gêne sont pour la plupart similaires. Pour la majorité, le 3/10 était associé à la gêne ce qui montre que le patient a une cotation propre qu'il associe à la « gêne ». Sans se concerter, les patients quantifiaient tous de la même manière la gêne à son apparition et réservaient les cotations inférieures à « pas de douleurs » pour le 0 et « une sensation infime mais non dérangeante » pour les cotations 1 et 2.

Malgré la limite du test à trente minutes, la douleur peut dans certains cas nous donner une estimation sur le niveau de progression de l'ischémie du patient. Notamment pour le patient B qui atteignit 3 fois la limite (2 fois sur la pente de -5% et une fois à 0%). Lors du premier essai à -5%, la douleur était cotée à 5/10 à l'arrêt, 3/10 lors de la deuxième mesure et 6/10 lors de la marche sur pente neutre. Le patient a donc atteint 3 fois la limite maximale avec des douleurs d'intensités différentes à l'arrêt, ce qui suggère une progression différente de l'ischémie pour un même périmètre de marche.

Bien que permettant de nous informer sur la progression de l'ischémie à l'effort, la douleur ne permet pas pour autant de montrer une progression générale du patient entre deux séries dans ce protocole préliminaire. La prise de mesures se faisant sur trois semaines, le délai est trop restreint pour constater une amélioration franche. Les données de la méta-analyse de Jansen suggèrent un délai minimum de trois mois avant d'obtenir des progrès significatifs chez le patient artéritique (46). Progrès qui pour rappel sont caractérisés par un recul de l'ischémie et une augmentation du périmètre de marche sans douleurs. Malgré cet intervalle de trois mois stipulés dans la méta-analyse, une amélioration des performances est tout de même visible entre la première et la deuxième série de mesures effectuée sur chaque patient.

5.2. Critique du protocole et évolution envisageable

L'absence de protocole similaire rend notre pré-test incomparable à d'autres études. De ce fait et afin d'alimenter notre réflexion, nous allons essayer de critiquer ce protocole préliminaire afin de l'améliorer et de faciliter sa réalisation pour une potentielle étude ultérieure.

5.2.1. La vitesse de marche

La vitesse de marche du patient artéritique est environ 1,3km/h inférieure à la moyenne (4,5km/h pour une personne saine contre 3,2km/h pour une personne artéritique) (38). Les déficiences musculaires et métaboliques expliquées précédemment sont responsables de cette vitesse de marche diminuée.

Le choix de laisser le patient à vitesse de confort avait pour but d'essayer de limiter les claudications dues à une vitesse de marche imposée. Cependant nous nous sommes retrouvés confrontés à un autre problème. La vitesse de confort a été déterminée par un test de marche de 6 minutes. Bien que présentant une forte fiabilité et permettant de voir la tolérance à l'effort du patient (47), ce test demande au sujet de « parcourir la plus grande distance possible durant les 6 minutes imparties ». Durant le TDM6, le patient a une vitesse supérieure à la sienne, cherchant à avoir la meilleure performance possible. Sa « vitesse de confort » est légèrement surestimée par rapport à la normale.

Ajouté à cela, le tapis de marche induisant un pattern peu naturel pour l'homme. Les paramètres cinésiologiques et métaboliques se retrouvent modifiés par rapport à la marche au sol qui reste moins gourmande en énergie que le tapis. Une étude menée par Szymczak *et al.* en 2018 compare la marche sur tapis roulant entre patients artéritiques et personnes saines (40). Le résultat de cette étude est que la vitesse de marche des patients A.O.M.I. est d'environ 27% inférieure au groupe contrôle sain associé à une baisse de 11% de la cadence. La phase de double appui se trouve être rallongée, au même titre que la phase de propulsion. Au vu de ces divers facteurs, il est possible que la vitesse de marche sur tapis roulant soit inférieure à celle observée sur le sol et donc au périmètre observé lors du TDM6.

Afin de pallier à ce problème, il serait judicieux de mettre en place une vitesse standardisée de 3,2km/h. Cette vitesse correspond à la vitesse de marche moyenne de l'artéritique sur tapis roulant et est utilisée comme vitesse de référence dans les tests d'effort développés à l'origine

par Hiatt *et al.* et Gardner *et al.* (8,9). Cette vitesse est atteignable et confortable pour la majorité des patients acclimatés à la marche sur tapis. Ce temps d'adaptation est estimé à dix minutes dans une étude de 2006 réalisée sur 10 sujets sains (48) contre 6 minutes dans une étude datant de 2019 évaluant 40 sujets sains (49). En l'absence de données concernant le temps d'acclimatation nécessaire à un patient artéritique, nous nous baserons sur le temps d'adaptation de l'étude de 2019.

5.2.2. L'échauffement

Ce protocole préliminaire proposait de commencer directement dans les conditions expérimentales, c'est-à-dire à la pente étudiée et à la vitesse de confort. Nous pensions que le fait de laisser une séance d'endurance ou plus au patient avant de l'inclure dans le protocole lui permettrait de s'adapter à la marche sur tapis roulant. Cependant, même si le patient s'y habitue, il persistera toujours un court temps d'adaptation à chaque mesure qui est estimé entre 6 et 10 minutes.

L'absence d'échauffement se justifiait du fait que les patients déambulaient à vitesse de confort. Cependant, après réalisation de ce pré-test, le personnel du service de réadaptation cardio-vasculaire du centre Louis Mathieu ainsi que les patients nous ont suggéré de tout de même mettre un échauffement avant de démarrer la prise de mesure.

La seule étude traitant de l'effet de l'échauffement sur les patients claudicants est une étude cas témoin de 2004 concluant sur une amélioration des marqueurs inflammatoires et une augmentation de la capacité d'exercice des patients après échauffement (50).

De plus, la phase d'échauffement est une phase cruciale dans la réadaptation de l'artéri-tique. Cette phase permet au patient d'entrer en métabolisme aérobie et ainsi tenir un effort en endurance. Ce métabolisme aérobie débute lorsque l'oxygène arrive dans les mitochondries. Un temps minimal de marche sur tapis est nécessaire avant que le métabolisme ne se mette en place, temps caractérisé par la phase d'échauffement.

Afin d'améliorer le protocole, il serait judicieux de commencer le test à 75% de la vitesse de marche sur pente nulle. Cela correspondrait à une vitesse de 2,4km/h. Une vitesse inférieure à ce palier serait trop peu naturelle pour l'homme et peu bénéfique en terme métabolique. Au bout de 6 minutes, une fois acclimaté à la marche sur tapis, la vitesse passe à

3,2km/h et la pente est ajustée en fonction de celle étudiée. La prise de mesure commence une fois ce palier atteint.

5.2.3. Conditions de réalisation du test et critères de jugements

La réalisation de mesures pour ce protocole se passait lors des séances de réadaptation cardio-vasculaire des trois patients. Ces séances étaient organisées en demi-journées durant lesquelles les patients participaient à des séances d'endurance, de renforcement musculaire, de gymnastique adaptée ou encore des ateliers d'éducation thérapeutique.

Le programme et l'organisation de ces demi-journées varient d'une fois à l'autre. La séance d'endurance peut dans certains cas se dérouler en premier et dans d'autres cas en dernier, c'est-à-dire après une heure de renforcement musculaire et/ou une heure de gymnastique adaptée. Ces variations peuvent conduire à une pré-fatigue néfaste avant le début du protocole. Le retour oral des patients nous laisse entendre qu'ils se sentent plus aptes à avoir de meilleures performances lorsque la séance d'endurance se déroule en première partie.

Dans l'idéal, les prises de mesures devraient se faire à heures fixes et à intervalles de temps régulier afin de respecter le temps de repos minimal de 24h entre 2 prises de mesures.

Dans l'optique d'un protocole ultérieur, la durée maximale de trente minutes de prise de mesures restera inchangée. Cette limite a pour but de ne pas continuer le test éternellement en l'absence de claudications.

Il en va de même pour les critères de jugements : le périmètre de gêne, la douleur à l'apparition de la gêne, le périmètre de marche absolu et la douleur à l'arrêt de l'épreuve sont conservés.

Un ajustement de l'échelle de la douleur est à prévoir. L'E.N. est un indicateur trop vague. Une échelle adaptée mais non validée pourrait être utilisée pour ce test :

0 : aucune gêne, 1 : gêne légère, 2 : douleur modérée, 3 : douleur intense, 4 : douleur insupportable.

Le périmètre de gêne est relevé lorsque la douleur dans le membre inférieur est cotée à 1. Le protocole s'arrête lorsque la douleur est cotée à 4 par le patient ou que la déambulation est trop altérée pour être continuée.

5.2.4. Les pentes évaluées

Le choix des pentes évaluées est inspiré d'une étude de Jeffers *et al* publiée en 2015 qui évalue la puissance mécanique et métabolique de la jambe durant la marche à différentes pentes et vitesses (11). Cette étude, bien qu'incluant une population saine, permettait d'avoir une idée du coût métabolique de la marche en fonction de la pente et de la vitesse. Lors de l'analyse des résultats de cette étude, nous nous rendons compte que la demande métabolique lors de la marche est croissante d'une pente de -6% jusque 9% pour une vitesse de 1m/sec (vitesse se rapprochant le plus de la marche de l'artéritique). La différence de coût métabolique est très peu significative entre une marche sur pente de -3% et une autre de -6%. La pente négative de notre protocole allait donc se situer dans cette tranche (ANNEXE VIII).

Cependant une différence persistait entre les pentes de -3% et -6% : la puissance mécanique de la jambe arrière. Cette puissance était négative pour une marche à -6% et positive pour une marche à -3%. Ce qui signifie que la jambe arrière produit un travail excentrique sur une pente de -6% et un travail concentrique due à une force de propulsion sur une pente de -3%.

Notre protocole se devait d'avoir une pente induisant un travail excentrique des deux jambes avec un coût métabolique relativement faible. De ce fait, le choix s'est porté sur la pente de -5%.

La pente de 0% sert de référentiel car mimant la marche au sol et celle de 5% a été choisie car étant l'opposée de la pente négative.

Dans le cas d'un protocole ultérieur, les pentes resteront inchangées et seront également évaluées 2 fois afin de gagner en fiabilité de mesure. Ajouter de nouvelles pentes ou des répétitions de mesures ne ferait que rallonger le protocole qui se veut transversal et non longitudinal. Le but n'étant pas d'évaluer les capacités du sujet sur le long terme mais plutôt à l'instant T.

La mesure des pentes est divisée en deux séries de trois mesures chacune. L'ordre de mesure des pentes n'a pas d'importance lors de la première série et est randomisé. La deuxième série doit cependant se calquer sur l'ordre de la première afin d'éviter au maximum l'effet de réentraînement et créer des variations extrêmes.

5.2.5. L'effectif

L'effectif de la population est également un biais majeur dans ce protocole préliminaire. De par sa taille très restreinte, il rend impossible toute conclusion quant à l'évolution du périmètre de gêne en fonction de la pente. Il ne permet pas non plus de conclure quant à la mise en place d'une étude à plus grande échelle. En effet, certains points peuvent être améliorés dans ce protocole mais il persistera tout de même d'autres biais non mis en lumière du fait du faible échantillon étudié.

5.2.6. Récapitulatif des propositions d'amélioration du protocole

	Pré-Test	Propositions d'améliorations
Vitesse du patient	TDM6 pour trouver la vitesse de confort du patient	Vitesse standardisée de 3,2km/h
Echauffement	Aucun échauffement	Marche durant 6 minutes à 2,4km/h (75%), à visée d'échauffement et d'adaptation à la marche sur tapis
Planning	Séance d'endurance s'adaptant au planning du centre de rééducation	Séance d'endurance au même créneau horaire et respectant les temps de repos
Critères de jugement	PG, EN à l'apparition de la gêne, PM, EN à l'arrêt de l'épreuve	Modification de l'EN en une échelle propre au test mais non validée
Critères d'arrêt	Temps de 30 minutes ou douleur de 7/10 à l'EN ou déambulation trop compensée pour continuer la marche	Temps de 30 minutes ou douleur sur l'échelle à 4 ou déambulation trop compensée pour continuer la marche
Pentes évaluées	-5%, 0%, 5%	Aucun changement envisagé
Population	3 sujets	Population plus grande

5.3. Perspective

Comme nous l'avons évoqué, cette étude souffre de nombreux biais et plus particulièrement d'un effectif extrêmement restreint. Avant de proposer cette étude à grande échelle, il serait judicieux de tenter ce protocole amélioré sur un effectif supérieur à 3 afin de faire ressortir d'autres biais non mis en avant dans ce protocole.

5.3.1. En théorie

Les connaissances actuelles en biomécaniques et en physiopathologie semblent aller vers une amélioration de la distance de marche sans claudications lors de l'utilisation d'une pente négative. Le travail excentrique, moins gourmand en énergie et moins traumatisant pour le système vasculaire devrait favoriser la marche sans douleurs par rapport à la pente neutre et à la pente positive.

5.3.2. En pratique

Actuellement, la majorité des programmes de réadaptation comme par exemple les recommandations de l'A.C.S.M (23) s'inspirent d'une méta-analyse de 21 études publiée par Gardner *et al.* en 1995 (18). Les conclusions stipulaient que le bénéfice maximal était obtenu lorsque le patient participait à des programmes de réadaptation d'une durée de 6 mois, à raison de 3 séances de 30 à 60 minutes par semaine où il lui était demandé de marcher jusqu'à douleur ischémique quasi-maximale voire maximale.

Cependant, sur les 21 études mises en commun dans cette méta analyse, seulement 3 étaient contrôlées et randomisées. Les 18 autres étaient soit non randomisées soit non contrôlées. Les conclusions un peu hâtives de Gardner *et al.* ont tout de même permis de mettre un point d'honneur sur l'importance de la réadaptation cardio-vasculaire et la mise en place d'un programme supervisé afin d'augmenter le périmètre de marche des patients artéritiques.

Tandis que les anciennes méta-analyses étudiant la réadaptation de l'A.O.M.I. suggèrent une intensité de travail caractérisée par des claudications moyennes à sévères, une revue systématique de 2011 n'a trouvé aucune différence entre le fait de marcher à intensité déclenchant des claudications maximales ou seulement jusqu'à apparition d'une gêne (51). Cette

conclusion suggère que la marche à intensité de claudications légère peut s'avérer tout aussi efficace qu'un entraînement à forte intensité de claudication.

A ce jour, aucun essai clinique randomisé suffisamment poussé n'a comparé les effets de la marche à différentes intensités. L'utilisation de la pente négative pourrait tout aussi bien produire le même résultat qu'un travail à pente positive.

De plus, les patients claudicants étant le plus souvent limités par ces douleurs de crampes seraient sûrement plus favorable à poursuivre un protocole ne leur déclenchant pas ou peu de douleurs durant les sessions.

L'objectif final de la prise en charge des patients artéritiques reste le recul du seuil ischémique caractérisé par une augmentation du périmètre de marche. Bien que comportant de nombreux biais, ce protocole préliminaire suggère une distance de marche sans gêne à l'avantage de la pente négative. L'utilisation de cette pente aurait potentiellement un intérêt en début de prise en charge, notamment chez les patients dont les capacités fonctionnelles sont fortement altérées afin d'ajouter un palier de progression dans la réadaptation et favoriser l'adhérence du patient au protocole.

6. CONCLUSION

Ce mémoire d'initiation à la recherche s'articule autour de plusieurs axes. La physiopathologie de la maladie athéromateuse, les modalités de la réadaptation cardio-vasculaire ainsi que les divers types de travail musculaire ont été abordés. Au vu des variations métaboliques et cinésiologiques observées dans les différents modes de contractions musculaires, il est probable que les distances de claudications du patient artéritique durant la marche soient affectées. Dans ce contexte, la réalisation d'un protocole préliminaire a été proposé. Bien que comportant des biais, les résultats de ce pré-test montrent un périmètre de marche sans gêne à l'avantage de la pente négative caractérisée par un travail excentrique de faible intensité. Les douleurs ressenties par le patient sont également moindres, ce qui pourrait favoriser l'adhérence du patient au protocole et améliorer sa progression. L'effectif ici étudié étant trop faible pour tirer toute conclusion significative, des propositions d'amélioration du test sont proposées. De nouvelles investigations permettraient toutefois d'étoffer cette problématique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Aboyans, V., Sevestre, M.-A., Désormais, I., Lacroix, P., Fowkes, G., & Criqui, M. H. Épidémiologie de l'artériopathie des membres inférieurs. *La Presse Médicale*. 2018, 47(1), 38–46.
2. Fedecardio. L'artériopathie oblitérante. 2016. [Cité 19 septembre 2019]. Disponible sur : <https://www.fedecardio.org/Les-maladies-cardio-vasculaires/Les-pathologies-cardio-vasculaires/larteriopathie-oblitterante>
3. Hernandez H, Myers SA, Schieber M, Ha DM, Baker S, Koutakis P, *et al.* Quantification of Daily Physical Activity and Sedentary Behavior of Claudicating Patients. *Ann Vasc Surg*. 2019 ; 55 : 112-21.
4. Steg PG, Bhatt DL, Wilson PWF, D'Agostino R, Ohman EM, Röther J, *et al.* One-year cardiovascular event rates in outpatients with atherothrombosis. *JAMA*. 2007 ; 297(11) : 1197-206.
5. Santé Publique France. Maladies cardiovasculaires et accident vasculaire cérébral. 2019 [Cité 19 sept 2019]. Disponible sur : <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-cardiovasculaires-et-accident-vasculaire-cerebral>
6. HAS. Prise en charge de l'artériopathie chronique oblitérante athéroscléreuse des membres inférieurs (indications médicamenteuses, de revascularisation et de rééducation). [Cité 30 septembre 2019]. Disponible sur : https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/AOMI_recos.pdf
7. Aboyans V, Ricco J-B, Bartelink M-LEL, 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 arteries Endorsed 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*. 2018 ; 39(9) : 763-816.
8. Hiatt WR, Nawaz D, Regensteiner JG, Hossack KF. The Evaluation of Exercise Performance in Patients with Peripheral Vascular Disease: *J Cardpulm Rehabil*. déc 1988 ; 8(12) : 525-32.
9. Gardner AW, Skinner JS, Cantwell BW, Smith LK. Progressive vs single-stage treadmill tests for evaluation of claudication. *Med Sci Sports Exerc*. 1991 ; 23(4) : 402-8.
10. Collège des enseignants de médecine vasculaire. Epreuve de marche sur tapis roulant et test de Standness. [Cité 10 avril 2020]. Disponible sur : <http://cemv.vascular-e-learning.net/efv/AutresMesures/TapisRoulant/TR.pdf>

11. Jeffers JR, Auyang AG, Grabowski AM. The correlation between metabolic and individual leg mechanical power during walking at different slopes and velocities. *J Biomech.* 2015 ; 48(11) : 2919-24.
12. Franz JR, Kram R. The effects of grade and speed on leg muscle activations during walking. *Gait Posture.* 2012 ; 35(1) : 143-7.
13. Fowkes FGR, Rudan D, Rudan I, Aboyans V, Denenberg JO, McDermott MM, *et al.* Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis. *The Lancet.* 2013 ; 382(9901) : 1329-40.
14. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FGR. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg.* 2007 ; 45(1) : S5-67.
15. Velescu A, Clara A, Peñafiel J, Grau M, Degano IR, Martí R, *et al.* Peripheral Arterial Disease Incidence and Associated Risk Factors in a Mediterranean Population-based Cohort. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2016 ; 51(5) : 696-705.
16. Gernigon M. Nouvelles approches méthodologiques et physiopathologiques des intolérances à la marche. 2015. 151p. Doctorat en physiologie et physiopathologie humaine. Angers, Université de Maine-et-Loire.
17. Gabel J, Jabo B, Patel S, Kiang S, Bianchi C, Chiriano J, *et al.* Smoking Habits of Patients Undergoing Treatment for Intermittent Claudication in the Vascular Quality Initiative. *Ann Vasc Surg.* 2017 ; 44 : 261-8.
18. Gardner AW, Poehlman ET. Exercise Rehabilitation Programs for the Treatment of Claudication Pain: A Meta-analysis. *JAMA.* 1995 ; 274(12) : 975.
19. Inserm. Activité physique. Prévention et traitement des maladies chroniques. Collection Expertise collective. Montrouge : EDP Sciences, 2019. 824p. ISBN : 978-2-7598-2328-4.
20. Abaraogu UO, Dall PM, Seenan CA. The Effect of Structured Patient Education on Physical Activity in Patients with Peripheral Arterial Disease and Intermittent Claudication: A Systematic Review. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2017 ; 54(1) : 58-68.
21. Green DJ, Hopman MTE, Padilla J, Laughlin MH, Thijssen DHJ. Vascular Adaptation to Exercise in Humans: Role of Hemodynamic Stimuli. *Physiol Rev.* 2017 ; 97(2) : 495-528.
22. Schiattarella GG, Perrino C, Magliulo F, Carbone A, Bruno AG, De Paulis M, *et al.* Physical activity in the prevention of peripheral artery disease in the elderly. *Front Physiol.* 2014 ; 5 : 12.
23. American College of Sports medicine. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 10ème édition. Philadelphia : Wolters Kluwer ; 2018. 651p. ISBN : 1496339061.

24. Hiatt WR, Armstrong EJ, Larson CJ, Brass EP. Pathogenesis of the limb manifestations and exercise limitations in peripheral artery disease. *Circ Res.* 2015 ; 116(9) : 1527-39.
25. Hamburg NM, Creager MA. Pathophysiology of Intermittent Claudication in Peripheral Artery Disease. *Circ J.* 2017 ; 81(3) : 281-9.
26. Koutakis P, Myers SA, Cluff K, Ha DM, Haynatzki G, McComb RD, *et al.* Abnormal myofiber morphology and limb dysfunction in claudication. *J Surg Res.* 2015 ; 196(1) : 172-9.
27. Gasparini M, Sabovic M, Gregoric ID, Simunic B, Pisot R. Increased Fatigability of the Gastrocnemius Medialis Muscle in Individuals with Intermittent Claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2012 ; 44(2) : 170-6.
28. Rontoyanni VG, Nunez Lopez O, Fankhauser GT, Cheema ZF, Rasmussen BB, Porter C. Mitochondrial Bioenergetics in the Metabolic Myopathy Accompanying Peripheral Artery Disease. *Front Physiol.* 2017 ; 8 : 141.
29. McDermott MM. Lower extremity manifestations of peripheral artery diseases : the pathophysiologic and functional implications of leg ischemia. *Circ Res.* 2015 ; 116(9) : 1540-50.
30. Hill AV. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proc R Soc Lond.* 1938 ; 126 : 136-95.
31. Huxley AF. Muscle structure and theories of contraction. *Prog Biophys Biophys Chem.* 1957 ; 7 : 255-318.
32. Herzog W. Why are muscles strong, and why do they require little energy in eccentric action? *J Sport Health Sci.* 2018 ; 7(3) : 255-64.
33. Basyches M, Wolosker N, Ritti-Dias RM, Câmara LC, Puech-Leão P, Battistella LR. Eccentric Strength and Endurance in Patients with Unilateral Intermittent Claudication. *Clin Sao Paulo Braz.* 2009 ; 64(4) : 319-22.
34. Schieber MN, Hasenkamp RM, Pipinos II, Johanning JM, Stergiou N, DeSpiegelaere HK, *et al.* Muscle strength and control characteristics are altered by peripheral artery disease. *J Vasc Surg.* 2017 ; 66(1) : 178-186.e12.
35. Harwood AE, King S, Totty J, Smith GE, Vanicek N, Chetter IC. A systematic review of muscle morphology and function in intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 2017 ; 66(4) : 1241-57.
36. Franz JR, Lyddon NE, Kram R. Mechanical Work Performed by the Individual Legs during Uphill and Downhill Walking. *J Biomech.* 2012 ; 45(2) : 257-62.

37. Gommans LN, Smid AT, Scheltinga MRM, Brooijmans FA, van Disseldorp EMJ, van der Linden FT, *et al.* Altered joint kinematics and increased electromyographic muscle activity during walking in patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 2016 ; 63(3) : 664-72.
38. Gommans LNM, Smid AT, Scheltinga MRM, Cancrinus E, Brooijmans FAM, Meijer K, *et al.* Prolonged stance phase during walking in intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 2017 ; 66(2) : 515-22.
39. Gardner AW, Montgomery PS, Ritti-Dias RM, Forrester L. The effect of claudication pain on temporal and spatial gait measures during self-paced ambulation. *Vasc Med Lond Engl.* 2010 ; 15(1) : 21-6.
40. Szymczak M, Krupa P, Oszkinis G, Majchrzycki M. Gait pattern in patients with peripheral artery disease. *BMC Geriatr.* 2018 ; 18(1) : 52.
41. Myers SA, Pipinos II, Johanning JM, Stergiou N. Gait variability of patients with intermittent claudication is similar before and after the onset of claudication pain. *Clin Biomech.* 2011 ; 26(7) : 729-34.
42. Sandberg A, Cider Å, Jivegård L, Nordanstig J, Wittboldt S, Bäck M. Test-retest reliability, agreement, and minimal detectable change in the 6-minute walk test in patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 2020 ; 71(1) : 197-203.
43. Zai CZ, Grabowski AM. The metabolic power required to support body weight and accelerate body mass changes during walking on uphill and downhill slopes. *J Biomech.* 2020 ; 103 : 109667.
44. Martin J-P, Li Q. Overground vs. treadmill walking on biomechanical energy harvesting: An energetics and EMG study. *Gait Posture.* 2017 ; 52 :124-128.
45. Frey-Law LA, Lee JE, Wittry AM, Melyon M. Pain rating schema: three distinct subgroups of individuals emerge when rating mild, moderate, and severe pain. *J Pain Res.* 2013 ; 7 : 13-23.
46. Jansen SCP, Hoorweg BBN, Hoeks SE, van den Houten MML, Scheltinga MRM, Teijink JAW, *et al.* A systematic review and meta-analysis of the effects of supervised exercise therapy on modifiable cardiovascular risk factors in intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 2019 ; 69(4) : 1293-1308.e2.
47. Montgomery PS, Gardner AW. The Clinical Utility of a Six-Minute Walk Test in Peripheral Arterial Occlusive Disease Patients. *J Am Geriatr Soc.* 1998 ; 46(6) : 706-11.
48. Van de Putte M, Hagemester N, St-Onge N, Parent G, de Guise JA. Habituation to treadmill walking. *Biomed Mater Eng.* 2006 ; 16(1) : 43-52.

49. Meyer C, Killeen T, Easthope CS, Curt A, Bolliger M, Linnebank M, *et al.* Familiarization with treadmill walking: How much is enough? *Sci Rep.* 2019 ; 9(1) : 1-10.
50. Pasupathy S, Naseem KM, Homer-Vanniasinkam S. Effects of warm-up on exercise capacity, platelet activation and platelet-leucocyte aggregation in patients with claudication. *Br J Surg.* 2005 ; 92(1) : 50-5.
51. Parmenter BJ, Raymond J, Dinnen P, Singh MAF. A systematic review of randomized controlled trials : Walking versus alternative exercise prescription as treatment for intermittent claudication. *Atherosclerosis.* 2011 ; 218(1) : 1-12.
52. Fedecardio. L'athérosclérose. 2016 [Cité 9 avril 2020]. Disponible sur : <https://www.fedecardio.org/Les-maladies-cardio-vasculaires/Les-pathologies-cardio-vasculaires/latherosclerose>

ANNEXES

ANNEXE I : Prise de l'I.P.S.

ANNEXE II : Le système artériel du membre inférieur

ANNEXE III : Altération hémodynamique due à la pathologie athéromateuse

ANNEXE IV : Formation de la plaque d'athérome

ANNEXE V : Formulaire d'information de l'étude

ANNEXE VI : Recueil de données concernant la pathologie

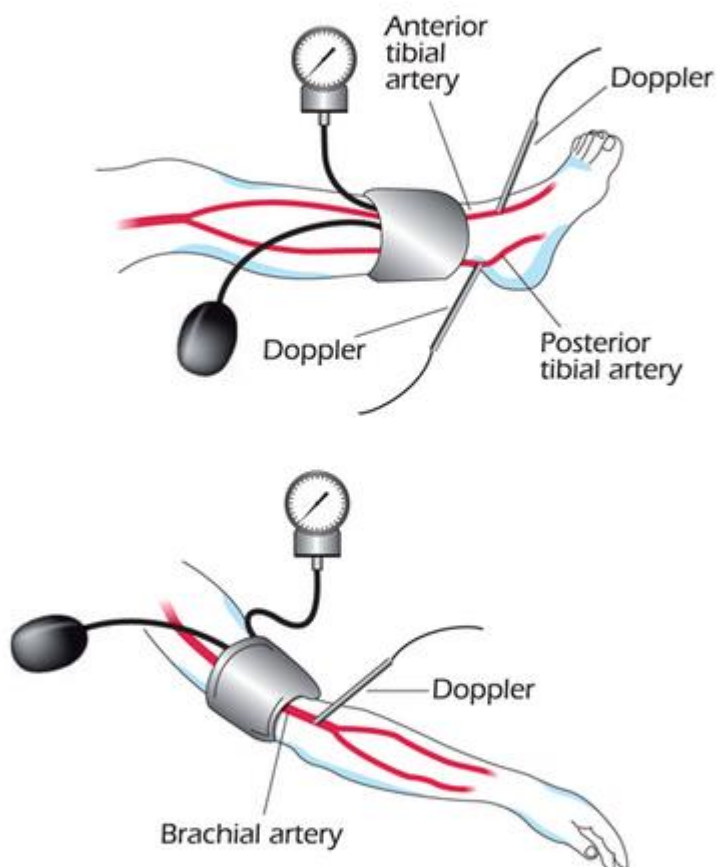
ANNEXE VII : Recueil des données mesurées

ANNEXE VIII : Travail métabolique produit sur 7 pentes à 3 vitesses différentes sur une population saine, d'après

ANNEXE I : Prise de l'I.P.S., d'après (7)

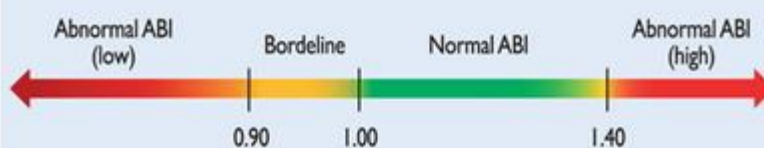
2. How to measure the ABI?

In supine position, with cuff placed just above the ankle, avoiding wounded zones. After a 5–10 minute rest, the SBP is measured by a Doppler probe (5–10 MHz) on the posterior and the anterior tibial (or dorsal pedis) arteries of each foot and on the brachial artery of each arm. Automated BP cuffs are mostly not valid for ankle pressure and may display overestimated results in case of low ankle pressure. The ABI of each leg is calculated by dividing the highest ankle SBP by the highest arm SBP.

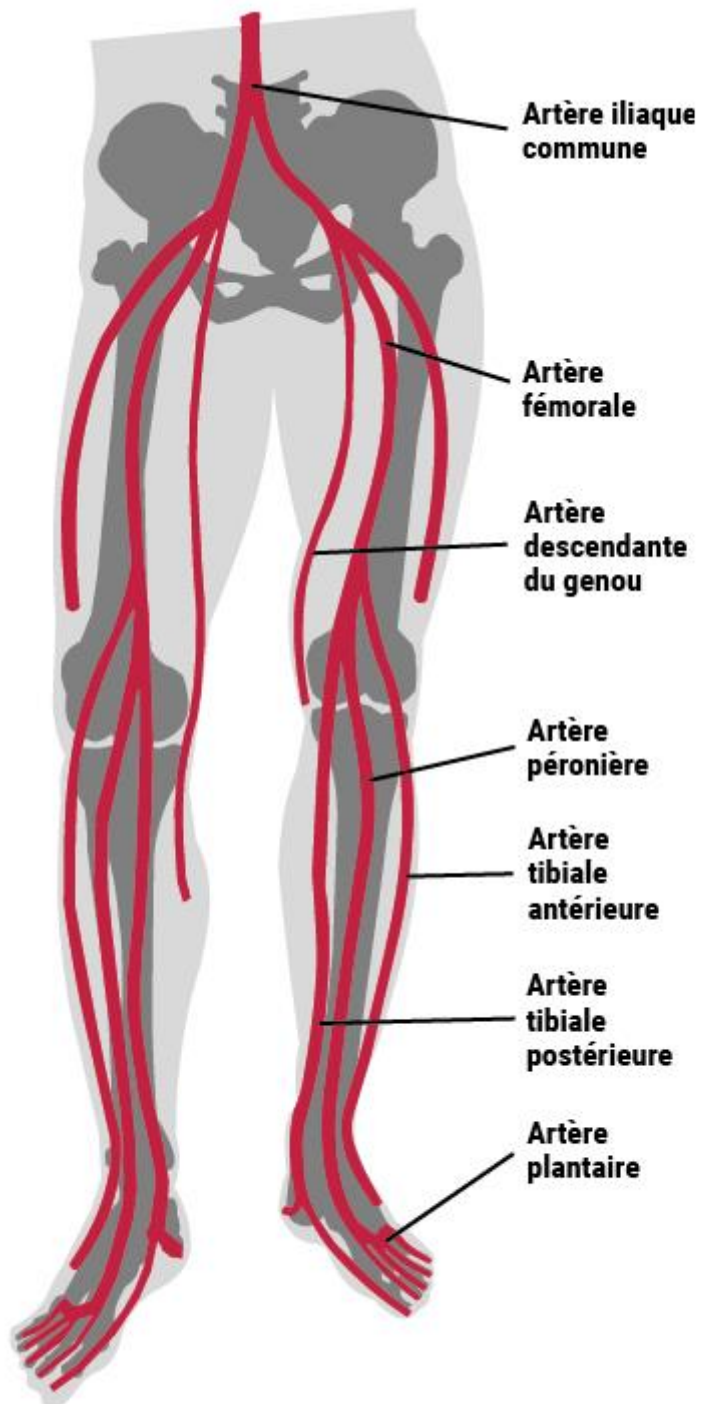


3. How to interpret the ABI?

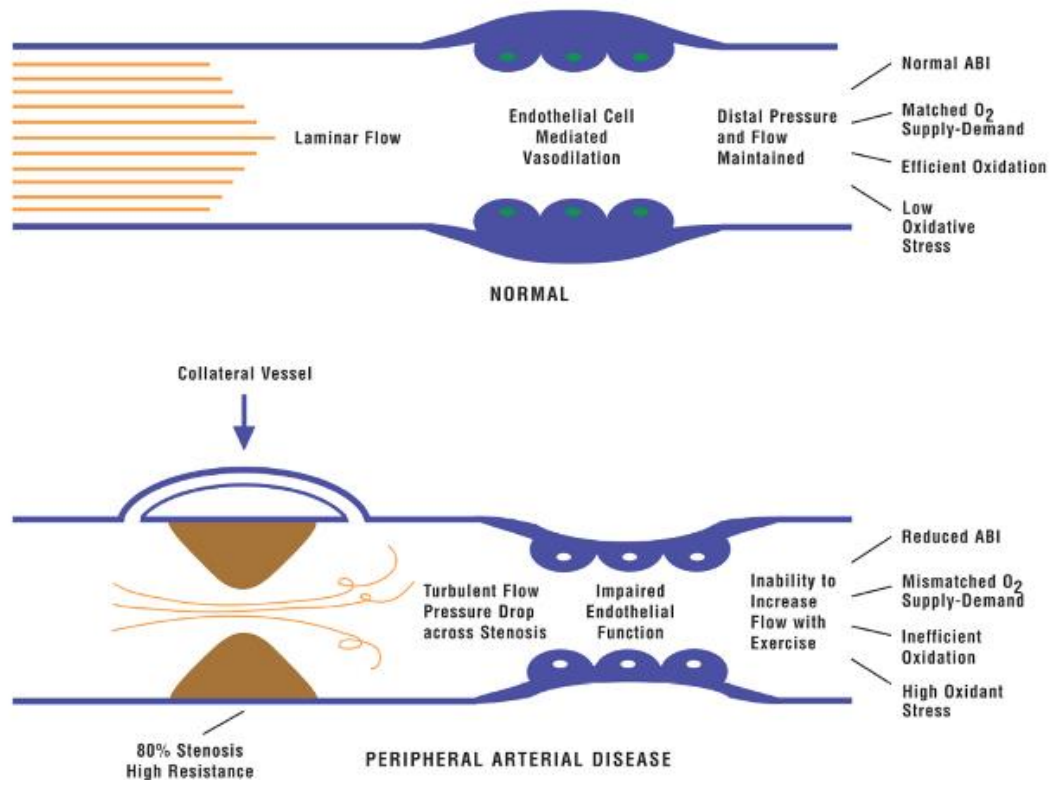
- For diagnosis of LEAD interpret each leg separately (one ABI per leg).
- For the CV risk stratification: take the lowest ABI between the two legs.
- Interpretation:



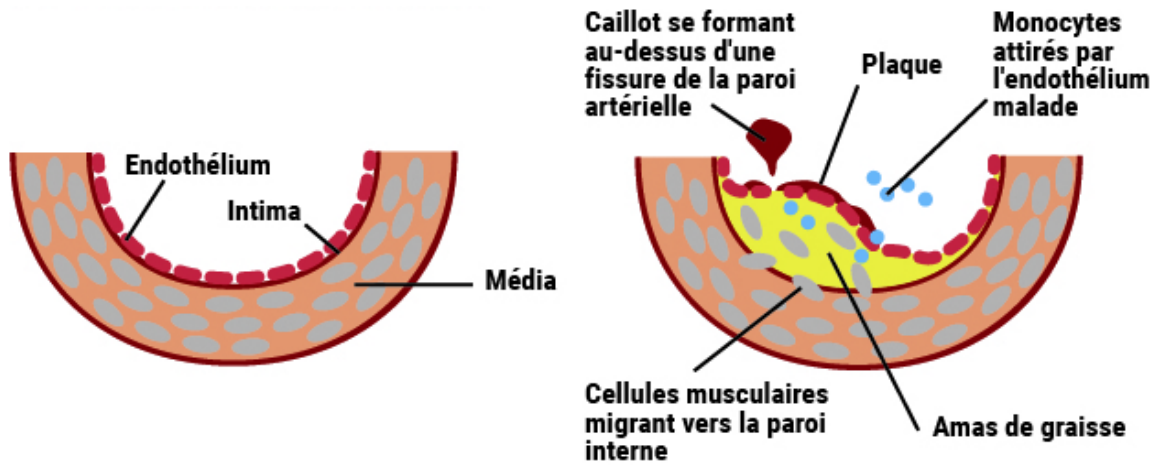
ANNEXE II : Le système artériel du membre inférieur, d'après (2)



ANNEXE III : Altération hémodynamique due à la pathologie athéromateuse, d'après (26)



ANNEXE IV : Formation de la plaque d'athérome, d'après (52)



Artère saine et artère malade avec formation d'une plaque

ANNEXE V : Formulaire d'information de l'étude

Etude de l'impact de la pente du tapis roulant sur l'apparition du seuil ischémique dans la rééducation du patient artéritique

Formulaire d'information

Madame, Monsieur,

L'athérosclérose est une pathologie caractérisée par un dépôt graisseux au niveau de la paroi artérielle qui se rigidifie afin de former une plaque d'athérome obstruant le réseau artériel. Lorsque les artères des jambes sont touchées, la pathologie prend le nom d'artérite oblitérante du membre inférieur, plus couramment appelée « AOMI ».

Le rétrécissement des artères se fait sur des années et peut être classifié en différents stades selon l'avancée de la plaque.

Le stade I est asymptomatique, vous ne ressentez aucune gêne. Cependant, lorsque vous atteignez le stade II, des douleurs commencent à apparaître à la marche. Celles-ci prennent la forme de crampes et surviennent plus ou moins rapidement, forçant l'arrêt de l'effort. Elles disparaissent au bout de quelques minutes tout au plus avec du repos. Ces douleurs sont appelées « claudications » et correspondent à l'apparition d'une ischémie (votre muscle ne reçoit plus assez de sang pour fonctionner correctement).

Des programmes de réadaptation cardio-vasculaire sont très largement recommandés pour les personnes souffrant d'AOMI afin de limiter la progression de la plaque d'athérome et développer une vascularisation secondaire afin d'assurer un apport sanguin suffisant pour les membres inférieurs.

Ces protocoles sont souvent effectués sur tapis roulant à pente et à vitesse définie afin d'être le plus efficace possible.

Dans le cadre de mon mémoire de fin d'étude, j'envisage de mieux connaître les modalités de cette réadaptation cardio-vasculaire et ainsi d'améliorer les programmes de rééducation. Pour cela, je vous propose d'étudier l'impact de la pente du tapis roulant sur l'apparition du seuil ischémique. Dans ce contexte, il vous sera demandé de marcher à votre vitesse de confort sur un tapis roulant à différentes pentes définies. Le thérapeute se chargera de reprendre le périmètre de gêne ainsi que le périmètre de marche maximal que vous pourrez effectuer.

Au cours des tests, l'équipe médicale se tiendra à vos côtés et sera prête à intervenir en cas de problème. Chaque test durera au maximum 30 minutes. Des périodes de repos de 48h au minimum seront prévues entre les différents tests. Aucun acte invasif ne sera effectué.

Vos séances de réadaptation réalisées par les kinésithérapeutes ne seront en aucun cas modifiées par votre participation à cette étude.

Aucune participation financière ne vous sera demandée.

Toutes les données recueillies resteront strictement confidentielles.

Vous recevrez par oral tous les compléments d'information nécessaires et précisant les modalités de l'étude. Vous êtes bien entendu libre de quitter l'étude à tout moment et sans en supporter une quelconque responsabilité.

Formulaire de consentement éclairé

Je, soussigné(e), M, ou Mme,né(e) le

- Après avoir reçu oralement et par écrit toutes les informations nécessaires précisant les modalités de déroulement de cette étude.
- J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions qui me paraissent utiles pour la bonne compréhension de la note d'information et de recevoir des réponses claires et précises.
- J'ai disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre ma décision.
- J'accepte librement et volontairement de participer à cette recherche dans les conditions ci-dessus, sachant que je suis libre de refuser sans que cela ait de conséquence sur la qualité de mes soins.
- Je suis conscient que je peux arrêter à tout moment ma participation à cette recherche sans supporter aucune responsabilité.

Je donne mon accord pour participer à cette étude dans les conditions ci-dessous.

- Cet accord ne décharge en rien les organisateurs de l'étude de leur responsabilité.
- Toutes les données et informations qui me concernent resteront strictement confidentielles.
- Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire aux organisateurs de l'étude.

Fait à Nancy, le

Signature de l'investigateur

Signature du Volontaire
(Précédée de la mention « lu et approuvé »)

ANNEXE VI : Recueil de données concernant la pathologie

Numéro d'anonymat : _____

Etiquette

Nom et prénom : _____

➤ Facteurs de risques non modifiables :

Âge :

Sexe : M F

Hérédité : Oui Non

➤ Facteurs de risques modifiables :

Tabagisme : Oui Non Sevré depuis :

Dyslipidémie : Oui Non

HTA : Oui Non

Diabète : Oui Non
Si oui : type _____ et DID DIND

Surpoids/ Obésité : Oui Non **IMC** : _____

Sédentarité : Oui Non

Stress : Oui Non

ANNEXE VII : Recueil des données mesurées

Numéro d'anonymat :

Distance effectuée au Test de marche de 6 minutes (en mètres) :

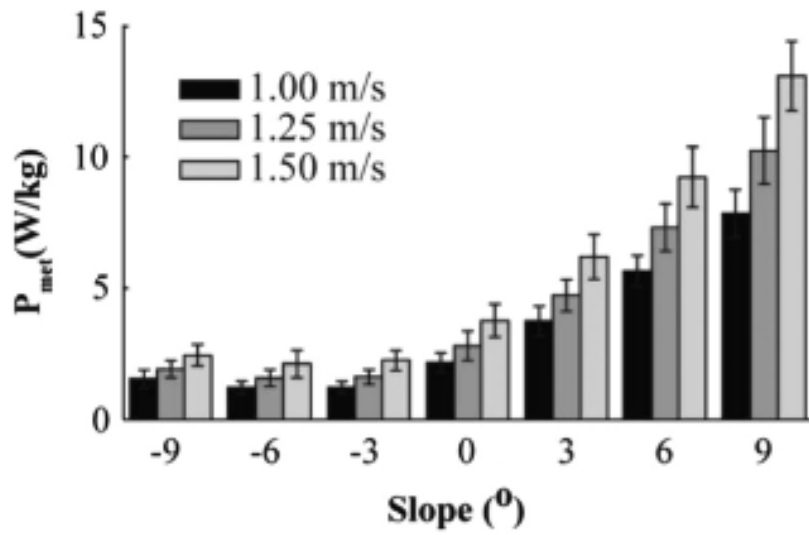
Vitesse de confort du patient (en km/h) :

Tableau synthétique des distances parcourues :

	-5%	0%	5%
Périmètre de gène (1ère mesure)			
EVA à l'apparition de la gêne			
Périmètre de marche total (1ère mesure)			
EVA à l'arrêt de la marche			

	-5%	0%	5%
Périmètre de gène (2ème mesure)			
EVA à l'apparition de la gêne			
Périmètre de marche total (2ème mesure)			
EVA à l'arrêt de la marche			

ANNEXE VIII : Travail métabolique produit sur 7 pentes à 3 vitesses différentes sur une population saine, d'après (11)



Impact de la pente du tapis roulant sur l'apparition du seuil ischémique au sein de la rééducation du patient artéritique claudicant : une étude préliminaire

Introduction : la réadaptation cardiaque est la thérapie la plus préconisée pour la prise en charge des claudications intermittentes de l'artériopathie. S'effectuant majoritairement sur tapis, elle a pour but de faire reculer le seuil ischémique et augmenter le périmètre de marche. La pente du tapis semblerait avoir un impact sur l'apparition de l'ischémie. Un protocole préliminaire évaluant le périmètre de gêne et la douleur des patients a été mis en place.

Matériel et méthode : le pré-test porte sur 3 patients artéritiques. Un TDM6 est réalisé en amont afin de déterminer leur vitesse de marche de confort. Le protocole consiste à déambuler sur tapis de marche à vitesse habituelle 2 fois sur 3 pentes différentes : -5%, 0%, +5%. Six mesures sont prises sur chacun des patients. Les critères de jugement principaux sont le périmètre de gêne et la douleur. Le pré-test est concluant si le périmètre de gêne est influencé par la pente.

Résultats : le périmètre de gêne apparaît le plus tardivement sur la pente de -5%, vient ensuite la pente de 0% et enfin la pente de 5% qui fait ressortir les périmètres de gênes les plus précoces. Les douleurs sont également moins prononcées sur la pente de -5% et maximales sur la pente de 5%.

Discussion : Ce pré-test fait ressortir une différence de périmètre de gêne entre les différentes pentes mais ne permet pas de conclure au vu du faible échantillon étudié. Des critiques et des améliorations sont proposées. Toutefois, la pente négative semble reculer le seuil ischémique du patient et réduire sa douleur et pourrait donc être utilisée afin de faciliter la réadaptation du patient artéritique fortement limité fonctionnellement.

Mots clés : AOMI, douleur, pente, réadaptation cardiaque, seuil ischémique

Impact of the incline of the treadmill on the onset of the ischemic threshold in the rehabilitation of the claudicant arteritic patient: a preliminary study

Background: cardiac rehabilitation is the most recommended therapy for the management of intermittent arteritic claudications. Mostly performed on a treadmill, it aims to reduce the ischemic threshold and increase walking perimeter. The slope of the treadmill seems to have an impact on the onset of ischemia. A preliminary protocol assessing discomfort perimeter and pain has been established.

Methods: the pre-test concerns 3 arteritic patients. A 6MWT is performed upstream to determine their comfort walking speed. The protocol consists of walking on a treadmill at the comfort walking speed 2 times on 3 different slopes: -5%, 0%, +5%. Six measurements are taken on each patient. The main judgement criteria are the discomfort perimeter and pain. The pre-test is conclusive if the discomfort perimeter is influenced by the slope.

Results: The discomfort perimeter appears later on the slope of -5%, then comes the slope of 0% and finally the slope of 5% which brings out the earliest discomfort perimeter. Pains are also less pronounced on the slope of -5% and maximum on the slope of 5%.

Discussion: This pre-test brings out a difference in discomfort perimeter between the different slopes but does not allow us to conclude because of the small sample studied. Critics and improvements are proposed. However, the negative slope seems to reduce the patient's ischemic threshold and his pain and could therefore be used to facilitate the rehabilitation of the patient with PAD who is severely functionally limited.

Keywords : PAD, pain, slope, cardiac rehabilitation, ischemic threshold